

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

geos



Volumen 37
No. 1
Octubre de 2017

GEOS

<http://www.ugm.org.mx/geos.html>

BOLETÍN INFORMATIVO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A. C.

GEOS se publica dos veces al año, es patrocinada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y editada conjuntamente por la UGM y el CICESE

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. Mesa Directiva 2016-2017

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

Dra. Xyoli Pérez Campos
Instituto de Geofísica, UNAM
Presidente

Dra. Ligia Pérez Cruz
Instituto de Geofísica, UNAM
Vicepresidente

Dr. Víctor Manuel Wong Ortega
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Tesorero

Dra. Vanesa Magar Brunner
División de Oceanología, CICESE
Secretario General

Dr. Edgardo Cañón Tapia
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Secretario de Investigación

Dra. Dora Celia Carreón Freyre
Centro de Geociencias, UNAM
Secretario de Difusión

Dra. Marina Manea
Centro de Geociencias, UNAM
Secretario de Educación

Dr. Juan Américo González Esparza
Instituto de Geofísica, UNAM
Secretario de Vinculación

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Dora C. Carreón Freyre
freyre@geociencias.unam.mx
UGM

Comité Editorial

Harald Böhnelt, UNAM
Noel Carbajal Pérez, IPICYT
Oscar Campos, UNAM
Gerardo Carrasco, UNAM
Ana Luisa Carreño, UNAM
Carlos Flores Luna, CICESE
Juan García Abdeslem, CICESE
René Garduño, UNAM
Gustavo Tolson, UNAM
Felipe Escalona Alcázar, UAZ

Apoyo Técnico Editorial

Ángel Daniel Peralta Castro
Humberto Santana Benítez Pérez
María Cristina Álvarez Astorga
Sergio Manuel Arregui Ojeda

GEOS, boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana (UGM), se edita conjuntamente por la UGM y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) bajo el patrocinio del CICESE. Se publica dos veces al año, contiene artículos originales de investigación, artículos de divulgación, notas cortas, aspectos relevantes para la difusión de la actividad científica, tecnológica y docente en las Ciencias de la Tierra, así como noticias de interés para los miembros de la UGM. Las instrucciones para los autores se encuentran al final de cada número y en <http://www.ugm.org.mx/geos.html>. GEOS (ISSN 0186-1891) se edita en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

Dirigir toda correspondencia a:
Editorial GEOS
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
ldelgado@cicese.mx
Tel. en Ensenada B.C.: (646)175-0500, Ext. 26060

Título: GEOS

Periodicidad: semestral

ISSN: 0186-1891

Editado en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carret. Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

EDITORIAL

Tras 57 años de haberse formado, la Unión Geofísica Mexicana, A. C. (UGM) continúa promoviendo el estudio de la Tierra, su medio ambiente y el espacio; así como las labores y actividades relacionadas con su enseñanza, difusión y divulgación. Para el 2017 se tomó como tema central uno de los ejes del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, "Peligros y riesgos por fenómenos naturales". Un tema donde las Geociencias tienen un papel fundamental y mucho que aportar. Si bien, el país es afectado todos los años por diversos fenómenos: huracanes, sequías, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, terremotos, etc., este año fue particularmente activo, sobre todo cuando a finales de agosto y principios de septiembre se venían viviendo las afectaciones de los huracanes Harvey, Irma y José en los estados de las costas del Golfo de México, cuando el 6 de septiembre, el Servicio de Clima Espacial México reportó que se había tenido una fulguración de clase X9.3, siendo la más intensa del ciclo solar y provocando una tormenta geomagnética G4. Al día siguiente, el 7 de septiembre, vivimos uno de los sismos más grandes que se hayan registrado en la historia instrumental en México, alcanzando una magnitud de 8.2. Tan sólo 12 días después, justo en el aniversario del sismo del 19 de septiembre de 1985, se tuvo otro sismo; aunque de menor magnitud ($M_w 7.1$), afectó fuertemente una vez más a la Ciudad México. En total, estos dos sismos afectaron a 11 estados de la República y produjeron 492 víctimas, un poco más de la mitad de ellas en la Ciudad de México ante el colapso de 46 edificios.

La Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (RAUGM) tuvo lugar del 22 al 27 de octubre, a un poco más de un mes de haber pasado por esos fenómenos naturales que pusieron los reflectores en las ciencias de la Tierra y del espacio, como una fuente de conocimiento e información para la atención de la emergencia y la comunicación con la sociedad. Como parte de la RAUGM se tuvo, además de la sesión regular de "Riesgos naturales", la sesión especial "Las Geociencias como herramienta fundamental en la gestión integral del riesgo", organizada por personal del Centro Nacional de Prevención de Desastres. En ella se presentaron tres aspectos importantes: 1) esfuerzos que los estados están realizando en torno al tema; 2) servicios geofísicos y herramientas que pueden apoyar; y 3) avances científicos que contribuirán en la gestión del riesgo. Muchos de los participantes de esta sesión fueron responsables de Protección Civil de los estados. Su asistencia a la RAUGM les permitió conocer sobre los diversos temas que son estudiados y a los científicos que trabajan en ellos y que pueden contribuir en su tarea. Como parte de las discusiones de la sesión especial y de una mesa de discusión que se tuvo en torno al tema del año, se reconoció la importancia de generar puentes de comunicación como éste entre los científicos y los tomadores de decisiones. Queda entonces la tarea para la UGM y sus miembros de fomentarla para que nuestros estudios sean llevados a la práctica, incidan en una toma de decisiones responsables y que contribuya a la mitigación del riesgo en beneficio de la sociedad. Además, dados los sismos de septiembre, se organizó una sesión de última hora en la que se presentaron aspectos variados de estos eventos.

Durante el año 2017, se organizaron ocho seminarios en línea en torno al tema central de peligros y riesgos por fenómenos naturales. En ellos se presentaron conceptos, investigaciones, modelados y herramientas que van desde la comprensión de los fenómenos y su monitoreo hasta su uso potencial en alertamientos tempranos.

Como ya es tradición, se realizaron y apoyaron actividades encaminadas a la promoción de la enseñanza y la divulgación de las ciencias de la Tierra. En ese sentido se apoyó al Congreso Nacional de Estudiantes en Ciencias de la Tierra y a las Olimpiadas en Ciencias de la Tierra en los estados de Baja California y Colima. Durante la RAUGM, se tuvo una plática y un stand informativos por parte del Servicio Alemán de Intercambio Académico, sobre oportunidades de estudios e intercambios en Alemania. Es de notar que este año participaron 11 stands académicos en la zona de Expo de la RAUGM. Esto es muestra de cómo ha aumentado la oferta de programas de posgrado y la demanda por parte de estudiantes, como resultado del incremento en los programas de licenciatura en ciencias de la Tierra en nuestro país. Inclusive, por primera vez tuvimos la presencia de un posgrado extranjero. Con el objetivo de promover la participación de estudiantes y su competencia hacia una mejora general, se llevó a cabo por octava ocasión el Concurso de conocimientos en Ciencias de la Tierra para estudiantes de licenciatura y se premiaron los mejores trabajos presentados por estudiantes durante la RAUGM 2017.

Por otro lado, en cuanto a comunicación, divulgación y difusión, se mantuvieron activos los medios de divulgación y difusión de la UGM: Gaceta, Facebook y Twitter. La primera ha sido enfocada principalmente como medio de comunicación con los miembros de la UGM, mientras que las redes sociales han permitido permear en la comunidad interesada en temas de Geociencias, no sólo de México, sino de otros países de habla hispana. También se tuvo presencia de la Unión en la Reunión de la American Geophysical Union (AGU), promoviendo las Geociencias en México con un stand multiinstitucional, mostrando las riquezas geocientíficas de nuestro país.

Es de resaltar, que, por primera vez, la RAUGM no se limitó a los espacios de conferencias y carteles, sino que salió al malecón de Puerto Vallarta, sede de nuestra reunión anual durante más de 20 años, para llevar a esta comunidad un programa de pláticas relacionadas con fenómenos naturales que pueden implicar un peligro para la sociedad: volcanes,

sismos, contaminación atmosférica, corrientes oceánicas y tormentas solares, abarcando con estos temas las cuatro secciones de la UGM. Estas pláticas estuvieron acompañadas de talleres organizados por Ericka Alinne Solano Hernández y el Museo de Geofísica del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estos tuvieron una gran participación de voluntarios, en su mayoría estudiantes. Este evento de divulgación ha sido aprobado por la Asamblea como parte del programa regular de la RAUGM y ha sido nombrado "Antonio Sánchez Ibarra" en reconocimiento a su gran labor de divulgación en el área de Ciencias del Espacio.

Dado que uno de los objetivos de la Unión es también promover la cooperación entre organizaciones científicas cuyos objetivos incluyan el fomento del conocimiento de disciplinas en Geociencias, se mantuvo la relación con las sociedades hermanas con las que se tienen convenios. En particular, se participó con un stand de promoción de la RAUGM 2017 durante la reunión anual de la European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). De forma recíproca, esta asociación estuvo presente en nuestra reunión anual. Además, se han otorgado a nuestros miembros, membresías en cortesía a esta asociación. También, como parte de nuestro acercamiento con otras sociedades, se contó con la participación de la Dra. Chris McEntee, CEO de la AGU, como ponente plenario en la RAUGM. Ella abordó un tema de interés general sobre la ciencia y la investigación en el contexto político, económico y social global.

Es importante agradecer a nuestros patrocinadores que permitieron se alcanzaran los objetivos de este año: la Coordinación de la Investigación Científica, el Instituto de Geofísica, el Instituto de Ingeniería y el Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México; el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada; la Academia Mexicana de Ciencias; el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica; el Consorcio de Investigación del Golfo de México; la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración; el Centro Nacional de Prevención de Desastres; la Oficina de Convenciones y Visitantes de Puerto Vallarta; y Sigmetric.

Agradezco nuevamente, en este segundo año de gestión, el trabajo, entusiasmo y dedicación de los miembros de la Mesa Directiva: Ligia Pérez Cruz, Víctor Wong Ortega, Vanesa Magar Bruner, Dora Carreón Freyre, Edgardo Cañón Tapia y Juan Américo González Esparza; de los representantes de las cuatro secciones de la UGM: Carlos Welsh Rodríguez, Víctor de la Luz Rodríguez, Rubén Castro Valdez y Mario Rebolledo Vieyra; así como del equipo técnico: Ángel Daniel Peralta Castro, Sergio Manuel Arregui Ojeda, Miguel Ángel Rodríguez Domínguez, Humberto Santana Benítez Pérez, José de Jesús Mojarro Bermúdez e Ivonne Pedrín Morales.

Dra. Xyoli Pérez-Campos

Presidenta 2016-2017, Unión Geofísica Mexicana A. C.

ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2017

La Reunión Anual 2017 tuvo 1035 trabajos aceptados repartidos en 20 sesiones regulares y 20 sesiones especiales. Distinguidos especialistas dieron conferencias plenarias en seis áreas de interés. Se ofrecieron dos mesas de discusión en temas de actualidad. Las sesiones se presentaron en seis salas simultáneas y hubo un área de carteles y exposición con 27 expositores de los sectores privado, público y académico. Se ofrecieron además siete cursos de capacitación sobre temas de interés diverso para estudiantes y especialistas.

Conferencias Plenarias

EVENTOS EXTREMOS DE 2017: ¿QUÉ SE NECESITA PARA QUE NO SEAN UN DESASTRE?

Carlos Valdés

Centro Nacional de Prevención de Desastres

DEEP CONVECTION: THE ENGINE OF THE STORM

David Adams

Universidad Nacional Autónoma de México

THE IMPACTS OF INTENSE AND EXTREME SPACE-WEATHER EVENTS: OVERVIEW AND RESULTS FROM UK/ EUROPEAN ECONOMIC STUDIES

Mario M. Bisi

RAL Space, Science & Technology Facilities Council – Rutherford Appleton Laboratory, Harwell Campus, Oxfordshire, OX11 0QX, UK

RAISING THE VOICE OF SCIENCE IN THE MIDST OF RISING NATIONALISM AND A POST TRUTH WORLD

Christine McEntee

American Geophysical Union, AGU

HURRICANE IMPACTS ON THE SHOREFACE AND FORMATION OF THE TRANSGRESSIVE RAVINEMENT

John A. Goff

Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, USA

OPEN CHALLENGES IN MODELLING GEOMECHANICAL PROCESSES RELATED TO FLUID WITHDRAWAL/INJECTION FROM/INTO THE SUBSURFACE

Pietro Teatini

Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engineering – University of Padova, Italy

Mesas de Discusión

REVISTAS EN GEOCIENCIAS

Organizador:

Xyoli Pérez-Campos

PELIGROS Y RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES

Organizador:

Dora Carreón Freyre

Sesiones Regulares

ARQUEOMETRÍA (AR)

Organizadores:

Galia González, Ana María Soler

CIENCIAS DEL SUELO (CS)

Organizadores:

Felipe García Oliva

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)

Organizadores:

Cuauhtémoc Turrent Thompson, Ruth Cerezo Mota

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)

Organizadores:
Jorge Arzate Flores, Fernando Corbo Camargo

FÍSICA ESPACIAL (FE)

Organizadores:
Víctor de la Luz, Enrique Pérez

GEODESIA (GEOD)

Organizadores:
Enrique Cabral, Bertha Márquez

GEOHIDROLOGÍA (GEOH)

Organizadores:
José Alfredo Ramos Leal, Alberto Arias

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)

Organizadores:
Javier Arellano Gil, Enrique Coconi Morales

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)

Organizadores:
Miguel Morales Gámez, Rosalva Pérez, Juan Contreras, Ismael Yarbuh

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)

Organizadores:
Zayre Ivonne González Acevedo

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)

Organizadores:
Juan Morales

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)

Organizadores:
Edgardo Cañón Tapia

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)

Organizadores:
Guillermo Hernández, Eric Morales Casique, José Tuxpan Vargas

OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)

Organizadores:
Christian M. Appendini, Hector García Nava, Bernardo Esquivel Trava, Amaia Ruiz de Alegria Arzaburu

OCEANOLOGÍA (OCE)

Organizadores:
Emilio Beier

PALEONTOLOGÍA (PALEO)

Organizadores:
Eduardo Jiménez Hidalgo

RIESGOS NATURALES (RN)

Organizadores:
Oscar Frausto Martínez, David Novelo, Hugo Delgado

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)

Organizadores:
Vsevolod Yutsis

SISMOLOGÍA (SIS)

Organizadores:
Miguel Santoyo

VULCANOLOGÍA (VUL)

Organizadores:
Pablo Dávila, Hugo Delgado

Sesiones Especiales

REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS Y PETROFÍSICA EN CIENCIAS DE LA TIERRA (SE01)

Organizadores:

Enrique Coconi Morales, Efrén Murillo Cruz

AMENAZA SÍSMICA EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO: AVANCES EN NEOTECTÓNICA, PALEOSISMOLOGÍA, SISMICIDAD HISTÓRICA E INSTRUMENTAL (SE02)

Organizadores:

Pierre Gilles Lacan, Víctor Hugo Garduño Monroy, Rodrigo Alejandro León Loya, Quetzalcóatl Rodríguez Pérez

PALEOSISMOLOGÍA, RIESGO DE TERREMOTOS Y TSUNAMIS: UN APORTE A LA SOCIEDAD (SE03)

Organizadores:

María Teresa Ramírez Herrera, Néstor Corona, Marcelo Lagos, Gerardo Suárez

MODELACIÓN REGIONAL DEL CLIMA (SE04)

Organizadores:

Ruth Cerezo Mota, Cuauhtémoc Turrent Thompson

LAS GEOCIENCIAS COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO (SE06)

Organizadores:

Carlos Miguel Valdés González, Oscar Zepeda Ramos, Miguel Angel Cruz Pliego

RASGOS GEODINÁMICOS E HISTORIA GEOLÓGICA DEL NW DE MÉXICO (SE07)

Organizadores:

Jesús Roberto Vidal Solano, Alexander Iriondo, Luis Delgado Argote, Ricardo Vega Granillo

GEOTERMIA: EXPLORACIÓN DE RECURSOS NO-CONVENCIONALES (SE08)

Organizadores:

José Manuel Romo Jones, Aída López Hernández, Luis Carlos Gutiérrez

MODELACIÓN DE PROCESOS ATMOSFÉRICOS: TEORÍA Y APLICACIONES (SE09)

Organizadores:

Yuri Skiba, David Parra Guevara

OBSERVATORIOS DEL INTERCAMBIO DE ENERGÍA, AGUA Y CARBONO ENTRE LA SUPERFICIE Y LA ATMÓSFERA EN MÉXICO: HACIA LA CONSOLIDACIÓN DE MEXFLUX (SE10)

Organizadores:

M. Susana Alvarado Barrientos, Eugenia González del Castillo, Friso Holwerda, Enrico A. Yépez

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN (SE11)

Organizadores:

Marina Manea, Diego Gracia Marroquín, Rodrigo Alejandro León Loya, Adolfo Pacheco Castro

LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO EN MÉXICO (SE12)

Organizadores:

Gilberto Hernández Silva, Sara Solís Valdez, Héctor René Vega Carrillo

OBSERVACIONES Y MODELOS SOBRE LA CIRCULACIÓN, BIOGEOQUÍMICA, ECOLOGÍA DEL GOLFO DE MÉXICO (SE13)

Organizadores:

Juan Carlos Herguera, Paula Pérez Brunius, Sharon Herzka, Julio Sheinbaum

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN LAS GEOCIENCIAS (SE14)

Organizadores:

Alejandro Hinojosa, Ernesto Tonatiuh Mendoza Ponce, Rodolfo Rioja Nieto, Sergio Arregui

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS MARES Y COSTAS DE MÉXICO (SE15)

Organizadores:

Francisco J. Ocampo Torres, Guillermo M. Díaz Méndez

CARACTERIZACIÓN, MANEJO, CONSERVACIÓN Y PROPUESTAS DE USO DE LOS PAISAJES KÁRSTICOS DE MÉXICO (SE16)

Organizadores:

Francisco Bautista, Yameli Aguilar, Patricia Fragoso

CHIHUAHUA RAÍCES Y PERSPECTIVAS (SE17)

Organizadores:

Ignacio Alfonso Reyes Cortés, Víctor Hugo Galván

EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A FRACTURAMIENTO Y FALLAMIENTO EN ZONAS URBANAS - PROYECTO IGCP 641: M3EF3 (SE19)

Organizadores:

Dora Carreón Freyre, Pietro Teatini, Gil Ochoa González, Raúl Gutiérrez Calderón

AVANCES Y RESULTADOS CON DATOS DE LA RUOA (SE20)

Organizadores:

Michel Grutter de la Mora, Adolfo Magaldi Hermosillo, Eugenia González del Castillo

GENERAL (SE21)

Organizadores:

Xyoli Pérez-Campos

CONFERENCIAS PLENARIAS (SE22)

Organizadores:

Xyoli Pérez-Campos

Cursos

COMPARTIR LA CIENCIA (CU01)

Instructores:

Ericka Alinne Solano Hernández, Sergio de Régules

ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO PROBABILISTA USANDO EL SOFTWARE DE USGS-NSHM (CU02)

Instructores:

Roberto Ortega, Edahí Gutiérrez, Eduardo Huesca

TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS PARA EL ESTUDIO DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO (CU03)

Instructores:

Galia González

SEGUNDO TALLER DE SUPERCÓMPUTO EN CLIMA ESPACIAL (CU04)

Instructores:

Victor De la Luz, Enrique Cruz, Mario Rodríguez

FRACTALES, SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES Y APLICACIONES EN GEOCIENCIAS (CU05)

Instructores:

Tomás Morales Acoltzi, Shamara Zoraida Cruz Alanís, Ivan Granados Chavarría, José Dolores Monroy Martínez

YACIMIENTOS EPITERMALES DE BAJA, INTERMEDIA Y ALTA SULFURACIÓN (CU06)

Instructores:

Hugo Galván, Ignacio Alfonso Reyes Cortés

INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA DURANTE LA GENERACIÓN DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES 3D EN LA INDUSTRIA PETROLERA: UN ENFOQUE DE COMPLEJIDAD (CU07)

Instructores:

Tomás Morales Acoltzi, Alvis Campos, Ivan Granados Chavarría, Shamara Zoraida Cruz Alanís, José Alfredo Torres A.

Expositores

GEOTEM INGENIERÍA S.A. DE C.V. (P1)

<http://www.geotem.com.mx>

ANTON PAAR (P2)

<http://www.anton-paar.com>

GEOELEC (P3)

<http://www.geoelec.com.mx>

GEMPA GEOSERVICES (E1)

<http://www.osop.com.pa>

GOMGS (E2)

<http://www.gomgs.mx>

SERVICIOS GEOFÍSICOS ESPECIALIZADOS (E3)

<http://serviciosgeofisicos.com>

SEPTENTRIO (E4)

<http://www.septentrio.com>

BETA ANALYTIC RADIOCARBON DATING (E5)

<http://www.radiocarbon.com>

SIGMETRIC (E6)

<http://www.sigmetric.com>

PHOENIX GEOPHYSICS (E7)

<http://www.phoenix-geophysics.com>

ASOCIACIÓN MEXICANA DE GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN, AMGE (E8)

<http://www.amge.mx>

CONSORCIO DE INVESTIGACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO, CIGOM (E9)

<http://www.cigom.info>

KONGSBERG (E11)

<http://www.kongsberg.com>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE (E12)

<http://www.cicese.edu.mx>

THE UNIVERSITY OF TEXAS AT EL PASO, UTEP (E13)

<http://www.utep.edu>

AMPERE INSTRUMENTACIÓN Y TELEMETRÍA (E14)

<http://www.ampere.mx>

CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA GEOTÉRMICA, CEMIEGEO (A1)

<http://www.cemiegeo.org>

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM (A2)

<http://www.geofisica.unam.mx>

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM (A3)

<http://www.geofisica.unam.mx>

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA, UDG (A4)

<http://www.cuc.udg.mx>

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM (A5)

<http://www.iingen.unam.mx>

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, IPICYT (A6)

<http://www.ipicyt.edu.mx>

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UANL (A7)

<http://fct.uanl.mx>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM (A8)

<http://www.pctierra.unam.mx>

OFICINA DE CONVENCIONES Y VISITANTES DE PUERTO VALLARTA, OCV (C1)

<http://visitapuertovallarta.com.mx>

EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS & ENGINEERS, EAGE (C2)

<https://www.eage.org>

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, CENAPRED (C3)

<http://www.gob.mx/cenapred>

Patrocinadores

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, CICESE

<http://www.cicese.edu.mx>

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

<http://www.geofisica.unam.mx>

ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, AMC

<http://amc.edu.mx>

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

<http://www.cic-ctic.unam.mx>

CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA GEOTÉRMICA, CEMIEGEO

<http://www.cemiegeo.org>

SIGMETRIC

<http://www.sigmetric.com>

ASOCIACIÓN MEXICANA DE GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN, AMGE

<http://www.amge.mx>

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM

<https://www.geociencias.unam.mx>

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

<http://www.iingen.unam.mx>

CONSORCIO DE INVESTIGACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO, CIGOM

<http://www.cigom.info>

OFICINA DE CONVENCIONES Y VISITANTES DE PUERTO VALLARTA, OCV

<https://visitapuertovallarta.com.mx>

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, CENAPRED

<https://www.gob.mx/cenapred>

Comité Organizador

Ángel Daniel Peralta Castro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Ivonne Pedrín Morales

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Sergio Manuel Arregui Ojeda

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Humberto Santana Benítez Pérez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

José de Jesús Mojarro Bermúdez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Miguel Ángel Rodríguez Domínguez

Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

RELATORÍA DE LA SESIÓN DE LOS SISMOS DEL 8 (M8.2) Y 19 (M7.1) DE SEPTIEMBRE EN MÉXICO, DURANTE LA RAUGM 2017

Organizadores: Xyoli Pérez-Campos y Miguel A. Santoyo

Variaciones del valor b para la zona de Wadatti-Benioff de la interface Cocos-Norteamérica

Ramón Zúñiga y Quetzalcóatl Rodríguez-Pérez

Se realiza un análisis de valores b previos a los sismos de septiembre de 2017, en 15 regiones diferentes localizadas a lo largo de la zona de Subducción Mexicana. El valor b para las zonas 8 y 12, las cuales coinciden con los lugares donde ocurrieron los sismos de septiembre, tienen un comportamiento anómalo para los sismos de mecanismo normal con relación a los valores b obtenidos usando sismos de mecanismo inverso.

Aspectos generales de los sismos de septiembre de 2017

Grupo de trabajo del SSN

Se realiza una descripción general de los sismos del 8 y 19 de septiembre de 2017. Se muestra la localización epicentral y el mecanismo focal (fase W) de los dos sismos principales, así como la distribución hipocentral de las réplicas de cada uno de ellos (8500 y 39, respectivamente). Se realiza un análisis preliminar de la relación de dicha sismicidad con la tectónica regional.

Sismo registrado (Mw=8.2) el 7 de septiembre de 2017 en los alrededores de Guadalajara, Jalisco, por la red sísmica temporal de banda ancha

J.M. Espíndola, A. Zamora-Camacho, Q. Gutierrez, J. Yamamoto y G. Castellanos

Se muestran los datos registrados durante los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017, obtenidos mediante dos redes sísmicas temporales de banda ancha instalada, una en el Campo Volcánico de Mascota, y otra en los alrededores de Guadalajara, Jalisco. Las redes constan de tres estaciones triaxiales Guralp CMG-6TD. Dichos datos están disponibles para la comunidad. Recomendación: Tener una colección de datos, sobre todo de las redes temporales.

Inversión rápida de deslizamiento del sismo del 19 de septiembre

Carlos Mendoza

Se muestran primeramente los parámetros utilizados para realizar la inversión rápida de deslizamientos del sismo del 19 de septiembre de 2017. Para esto se usaron datos telesísmicos de período largo de la onda P, asumiendo: mecanismo focal del USGS, profundidad de 51 km, $V_r = 2.8 \text{ km/s}$, subfallas de $5.0 \times 5.0 \text{ km}^2$ y área de falla de $60 \times 40 \text{ km}^2$. El deslizamiento máximo obtenido es de 1.0 m. La idea es hacer una inversión detallada usando datos de velocidad y también una inversión similar para el sismo del 8 de septiembre.

Deslizamiento de la falla Tehuantepec, septiembre 7, M8.2

Vala Hjörleifsdóttir

Deslizamiento en la falla del sismo del 8 de septiembre. Uso de datos telesísmicos. Inicia la falla a 60 kilómetros, la ruptura es hacia el NW, y hacia arriba, con el deslizamiento concentrado en una falla pequeña, para el tamaño. Las réplicas parecen acumularse alrededor de la aspereza principal. Para el sismo del 19 de septiembre, se ve consistencia en la directividad hacia el NW. Duración corta.

Aceleración de subsidencia y ruptura de fallas en sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017

Dario Solano y colaboradores.

Aceleración de subsidencia y ruptura de fallas en sismos del 8 y del 19 de septiembre. Patrón se mantiene similar en períodos previos a los sismos, alrededor de 1 mm/día . En el período entre sismos se ve una aceleración en subsidencia.

RT-GNSS for earthquake and tsunami hazards - Sep 8, 2017 M8.1 event, Oaxaca, MX

John Galetzka

Productos en tiempo real de datos GNSS de UNAVCO. Sismogramas de desplazamiento en tiempo real estiman un evento de magnitud 8 en unos minutos. Ejemplo de geodesia de tiempo real, lo cual puede ser alimentado a sistemas de alertamiento temprano de tsunamis.

Tsunami during the September 8th 2017 Tehuantepec, Mexico earthquake from post-tsunami survey

María Teresa Ramírez

Levantamiento posterior al tsunami del 8 de septiembre. A partir de modelo del tsunami de Diego Melgar, obtenido a partir de la inversión del deslizamiento en la falla de datos mareográficos y GPS, se seleccionaron los sitios a visitar. Los valores del modelo coincidieron con los datos de campo. No se recibió aviso de alertamiento en los sitios de mayor altura de oleaje.

Oaxaca-Chiapas Rapid Aftershock Deployments

Marianne Karplus

Colaboración entre la Universidad de Texas en El Paso (UTEP) e instituciones mexicanas, en particular con la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Arreglo denso de 51 nodos sísmicos de 3 componentes registró por 25 días en la zona de Juchitán y la zona de la réplica del 23 de septiembre. 10 estaciones de banda ancha de 3 componentes fueron también instaladas desde Tehuantepec hasta la frontera con Guatemala.

Relocalización de las réplicas del sismo del 8 de septiembre de 2017

Miguel Santoyo

Relocalización de las réplicas del sismo del 8 de septiembre con base en los datos de lecturas por el SSN. Se ajustó la estructura de velocidad. Se conservaron 1500 de más de 4000 réplicas. Se tiene la evidencia de dos planos de falla. Se tiene un tercer grupo con dos conjuntos, uno profundo y otro somero. Un análisis temporal muestra que los eventos en la falla principal ocurren en los primeros días. Réplicas en planos paralelos empiezan a ocurrir al cuarto día.

El gap sísmico de Tehuantepec

Marco Guzmán

Brecha de Tehuantepec no fue cubierto por el sismo del 8 de septiembre. El sismo de 23 de septiembre de 1902 (M7.7-8.2) está reportado por Pacheco y Kostoglodov (1999) como interlapa, mientras que otros reportes lo ubican como cortical, somero, sugiriendo que se pudo haber tratado de una de las fallas laterales. Eso indica que se tiene un gap más grande; sin embargo, la dorsal de Tehuantepec es una frontera en el comportamiento en la interfase.

Efectos de sitio en Juchitán, Oaxaca

Griselda Obeso

Trabajo en colaboración de la UACJ y UTEP, se instalaron 51 nodos sísmicos en el Golfo de Tehuantepec. Marco Calo y Allen Husker diseñaron el arreglo. Se ve un efecto marcado en Ixtepec, Ixtaltepec y Juchitán. Se harán estudios detallados del efecto de sitio para determinar efectos de cuencas. Se busca que se implementen los resultados en los atlas de riesgo municipales.

Efectos de amplificación en una línea de acelerómetros en línea en la CDMX

Jorge Aguirre

Se ve un efecto en los espectros. Se ve la diferencia en los espectros de respuesta entre el sismo de 1985 y del 2017; el último supera al primero.

Los sismos del 19 de septiembre de 1985 y 2017: Evidencias de procesos de Poisson no homogéneos y sus implicaciones en el peligro sísmico probabilista

Roberto Ortega

Análisis probabilístico para responder ¿cuál es la probabilidad de que dos sismos devastadores ocurran en la CDMX a 32 años, en la misma fecha calendario? Con el modelo de Fening era de 10%, incluyendo que el período de retorno era de 4000 años. Los sismos no son procesos homogéneos de Poisson.

Anomalía de Bouger en CDMX y zona de daños común 1985-2017- Modelo 2-D L3

Román Álvarez

Anomalía de Bouguer en la CDMX. Correlación entre la anomalía, el modelo de cuenca y daños en la CDMX.

Mapa de susceptibilidad a procesos gravitacionales, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Eventos detonados por el sismo del 7 de septiembre

Jorge Paz Tenorio

Mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa en Tuxtla Gutiérrez. Levantamiento en campo de sitios de verificación. Deslizamientos a lo largo del Sumidero y mesa cárstica. 28 desprendimientos detonados por el sismo del 8 de septiembre, 26 son desprendimientos y 2 de deslizamientos rotacionales. Se muestra utilidad del mapa.

Actividad Solar, Sismos y Desinformación en Redes Sociales. Retos y oportunidades

Juan Américo González

Manchas solares a principios de septiembre produjeron tormentas solares. El 6 de septiembre ocurrió una X1 y horas después (7 am, hora local) ocurrió una X9. Ésta fue la número 8 registrada. 14 horas después desencadenó una cadena de desinformación. Ha habido dos brincos en el número de seguidores en Facebook del Servicio de Clima Espacial, uno tras el anuncio de Obama sobre el programa de Clima Espacial y el otro tras los rumores de la relación entre la actividad solar y los sismos de septiembre. Sugerencia: protocolo de comunicación social.

"La organización social más allá de la desinformación" México, un país de gran sismicidad e inesperadas reacciones sociales

Gabriela Arenas

Brigadas de estudiantes en poblados en Puebla tras sismo. Organización social evidenció desinformación y miedo. Se mostró heroicidad. Las comunidades rurales fueron las más afectadas, la ayuda llegaba una semana después. La pobreza ha estado presente. Los brigadistas fueron jóvenes estudiantes. Papel de ciencias de la Tierra en estos fenómenos. ¿Estos fenómenos rebasaron a la comunidad científica? ¿Qué alternativas existen? Necesario llegar a los lugares con un lenguaje no técnico. El no aislamiento de la ciencia con la sociedad, ciencia adaptada a la comunidad, servicio social.

Una cuestión de ligamentos; ejemplo en la Portales

Martín Cárdenas

Evidencia de edificio fatigado. Espectro de respuesta de un edificio se modifica tras el sismo del 19 de septiembre. El edificio no presenta daños visuales.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Editorial	i
Estructura de la Reunión Anual 2017	iii
Relatoría de la sesión de los sismos del 8 (M8.2) y 19 (M7.1) de septiembre en México, durante la RAUGM 2017	ix
Índice general	xii

Sesiones Regulares

Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	7
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	15
Exploración geofísica (EG)	27
Física espacial (FE)	42
Geodesia (GEOD)	49
Geohidrología (GEOH)	54
Geología del petróleo (GP)	61
Geología estructural y tectónica (GET)	65
Geología y geofísica ambiental (GGA)	74
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	80
Geoquímica y petrología (GEOQP)	85
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	92
Oceanografía costera (OCC)	99
Oceanología (OCE)	110
Paleontología (PALEO)	120
Riesgos naturales (RN)	125
Sedimentología y estratigrafía (SED)	133
Sismología (SIS)	139
Vulcanología (VUL)	148

Sesiones Especiales

Registros geofísicos de pozos y petrofísica en Ciencias de la Tierra (SE01)	155
Amenaza sísmica en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano: avances en neotectónica, paleosismología, sismicidad histórica e instrumental (SE02)	159
Paleosismología, riesgo de terremotos y tsunamis: un aporte a la sociedad (SE03)	164

Modelación regional del clima (SE04)	167
Las geociencias como herramienta fundamental en la Gestión Integral del Riesgo (SE06)	172
Rasgos geodinámicos e historia geológica del NW de México (SE07)	190
Geotermia: exploración de recursos no-convencionales (SE08)	196
Modelación de procesos atmosféricos: teoría y aplicaciones (SE09)	215
Observatorios del intercambio de energía, agua y carbono entre la superficie y la atmósfera en México: hacia la consolidación de MexFlux (SE10)	219
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE11)	225
La problemática del mercurio en México (SE12)	231
Observaciones y modelos sobre la circulación, biogeoquímica, ecología del Golfo de México (SE13)	235
Vehículos aéreos no tripulados en las geociencias (SE14)	249
Desarrollo e implementación de tecnologías para la investigación científica en los mares y costas de México (SE15)	257
Caracterización, manejo, conservación y propuestas de uso de los paisajes kársticos de México (SE16)	264
Chihuahua raíces y perspectivas (SE17)	267
Evaluación del riesgo asociado a fracturamiento y fallamiento en zonas urbanas - Proyecto IGCP 641: M3EF3 (SE19)	271
Avances y resultados con datos de la RUOA (SE20)	276
General (SE21)	285
Conferencias plenarias (SE22)	287
Índice de autores	290

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores:

Galia González

Ana María Soler

AR-1

CULTURAL LANDSCAPES AND ENVIRONMENTAL HISTORY IN ANDALHUALA, NORTHWEST ARGENTINA

Álvarez Larrain Alina, Solís Castillo Berenice y Greco Catriel
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
 aalvarez@ciga.unam.mx

The landscape of the Middle-Late Holocene in the Andalhuala region (Yocavil Valley, Northwest Argentina) is the byproduct of both natural and cultural processes that are the result of continuous interaction between humans and their environment. The record of that relationship is evident in the anthropogenic modification of the natural features of the environment and in the soil evolution. In this presentation, the results of soil studies undertaken at Mesada de Andalhuala Banda, a glaciis of Pleistocene origin whose geomorphological history was determined by an alluvial system that responded to both environmental changes and human occupation during the first and second millennia AD, are presented. This geomorphological unit was taken as a sampling area because it represents a basic environmental unit for discriminating qualities and categories of landscape, has an origin and temporal evolution common to the entire surface and spatial homogeneity given by the recurrence of endogenous morphogenetic elements. Sampling was deployed in natural profiles representative of the pedological sequence of the landform and within agricultural structures. The stages of soil development were correlated with each of the stages of human occupation and known paleo-climatic changes for the region.

AR-2 PLÁTICA INVITADA

EVALUANDO LA EXTENSIÓN DE UNA ALDEA PRECERÁMICA EN XOCHIMILCO MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES AÉREAS, MULTIESPECTRALES Y DRONES

Acosta Ochoa Guillermo¹, McClung de Tapia Emily², Blancas Vázquez Jorge³, García Víctor Hugo³ y Jiménez Gerardo¹
¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
²Posgrado en Antropología, UNAM
 acostaochoa@gmail.com

El sitio El Japón en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, es conocido por su ocupación chinampera de finales del periodo Azteca e inicios de la Colonia pero debajo de esta ocupación existió una aldea precerámica entre el 6000-3800 aC. Desgraciadamente ha sido destruido casi en su totalidad mediante la nivelación del terreno y el relleno de material moderno en áreas discretas. Con la finalidad de determinar la extensión original del islote del periodo precerámico y evaluar la extensión del islote durante el periodo del contacto, se evalúan datos de imágenes de satélites, aéreas, imágenes obtenidas mediante dron (luz visible e infrarrojo). Estos datos se contrastaron con los obtenidos mediante sondeos estratigráficos para tener una idea más acabada de la extensión del islote y su ocupación durante el Holoceno Medio.

AR-3

ANÁLISIS ARQUEOMAGNÉTICO DEL HORNO DE LA HACIENDA SAN PEDRO CHOLUL, YUCATÁN

Hernández Álvarez Hector¹, Ortiz Ruiz Soledad², Gogichaishvili Avto² y Morales Juan²
¹Universidad Autónoma de Yucatán, UADY
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 hhernandez@correo.uady.mx

Hasta hace algunos años, la presencia de hornos para quemar cal o caleras en las haciendas henequeneras yucatecas era prácticamente desconocida. No obstante que la cal ha sido un recurso fundamental para la cultura maya desde la época prehispánica, y que la tecnología para su producción sufrió modificaciones durante la época colonial, aún desconocemos las condiciones en que dicha producción se dio durante la llamada Edad de Oro de Yucatán (1873-1925). Con la intención de documentar la producción de cal hacia finales del siglo XIX en las haciendas yucatecas, entre los años 2015-2016 realizamos la intervención arqueológica de un horno que presumiblemente se había usado para quemar cal en la hacienda San Pedro Cholul, Yucatán. La intervención consistió en la excavación del interior de la estructura, el análisis físico-químico de los sedimentos, el estudio de la cultura material asociada y un muestreo para establecer una datación a partir de la técnica de arqueomagnetismo. Los análisis de las muestras fueron llevados a cabo en las instalaciones del Servicio Arqueomagnético Nacional (SAN) del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Previo a los experimentos de arqueointensidad absoluta geomagnética se determinaron las propiedades magnéticas de los materiales involucrados a través de experimentos de histéresis magnética, adquisición de la magnetización remanente isoterma, así como el registro continuo de las curvas de susceptibilidad en función de temperaturas con un máximo de 630°C. Estos análisis indican que los minerales magnéticos presentes en las paredes del horno son titanomagnetitas pobres en titanio en la mayoría de los casos. También se detectó la presencia de hematitas. Sin embargo, su contribución en la magnetización remanente natural parece ser menor. Para el análisis de arqueointensidad se empleó la metodología de Thellier de doble calentamiento por etapas desde 150°C hasta 580°C mientras las arqueodirecciones

(declinación e inclinación) fueron obtenidas mediante la desmagnetización por campo alternos de hasta 95 microteslas. El ejercicio de la datación arqueomagnética usando los tres elementos apunta a un intervalo estrecho entre 1870 y 1890 d.C.

AR-4 PLÁTICA INVITADA

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UN REMO PROVENIENTE DE UN SALVAMENTO ARQUEOLÓGICO RIBEREÑO A LA ISLA DE TENOCHTITLA

Barrera Huerta Alan¹, Mainou Luisa², González Hernández Galia³, Beramendi Oroscó Laura⁴, Adriano Morán Cristina⁵ y Straulino Luisa²
¹Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM
²Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, INAH
³Instituto de Geofísica, UNAM
⁴Instituto de Geología, UNAM
⁵Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
 bagova16@hotmail.com

Durante las excavaciones realizadas en el 2015 en un predio sobre la actual calle de Dr. Valenzuela en la colonia Doctores de la Ciudad de México, se localizó, entre otros materiales que revelan la historia ocupacional del predio, un remo de madera en estado de anegación de 132 cm de longitud y tan solo 1.4 cm de espesor máximo en la pala, la cual tiene restos de pintura blanca a la cal que representa nuestro objeto de estudio. Se planteó un equipo de trabajo entre laboratorios del Instituto de Investigaciones Antropológicas, el Instituto de Geofísica de la UNAM y el Taller de Conservación y Restauración de Material Orgánico del INAH, con la finalidad de lograr la conservación, restauración, datación de la pieza e identificación de la especie de madera utilizada para su elaboración. Las condiciones anaerobias del contexto permitieron la conservación de dicho artefacto, testigo material y tecnológico de la vida de la naciente Ciudad de México enclavada aún entre un sistema de lagos. Esta muestra representa un hallazgo importante debido a que sólo se tiene registro de dos ejemplares más para Mesoamérica. Para la datación e identificación de la madera se tomó un pequeño fragmento buscando dañar lo menos posible la pieza. La muestra fue procesada para su datación por el método de 14C por Espectrometría de Centelleo Líquido en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono (LUR) de la UNAM. La edad arrojada nos permite corroborar los datos obtenidos en el contexto por otros materiales arqueológicos. A su vez, la presencia de pintura a la cal sobre la superficie de la pieza, el alto grado de degradación de la madera y sus propias dimensiones, fueron un importante reto para el equipo de restauración. Estas características de la pieza aportaron información sobre el proceso de conservación que debía practicarse para conseguir la estabilidad y poder conservar la mayoría de sus características originales. Para tal fin se utilizó quitosan como principal producto de conservación.

AR-5

OBSIDIANA Y PRODUCTORES ESPECIALIZADOS EN LA SUBREGIÓN DEL LERMA MEDIO: ESTUDIO DE PROCEDENCIA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN

Esparza López Juan Rodrigo¹, Velázquez Maldonado Luis Ramón² y Cárdenas Garcías Efraín³
¹Centro de Estudios Arqueológicos, El Colegio de Michoacán, A.C.
²LADIPA-El Colegio de Michoacán, A.C.
 jresparza@yahoo.com

La región de El Bajío constituyó durante el Epiclásico un área de confluencias culturales. En este complejo contexto, cuatro desarrollos locales diferentes coexistieron y se relacionaron. Los Asentamientos del Sistema Zináparo-Varal, la vinculación política Plazuelas-Zaragoza, el centro rector Peralta, con una extensa área de influencia administrativa, y el asentamiento de Nogales en el Cerro Barajas. Los planteamientos espaciales y arquitectónicos y la funcionalidad de los sitios difiere mucho entre cada uno de los casos citados, pero elementos de la litica y la cerámica eran compartidos por las poblaciones que los habitaron entre el 600 d.C. y el 900 d.C. Con respecto a la obsidiana, en la subregión del Lerma Medio, estos asentamientos compartieron una relación espacial y de potencial explotación con los yacimientos del Sistema Zináparo-Varal, la Sierra de Pénjamo y la Sierra de Abasolo. En este sentido es pertinente que formulemos la siguiente pregunta de investigación: ¿Estuvieron las relaciones entre los sitios del Sistema Zináparo-Varal, Zaragoza, Nogales y Peralta, durante el Epiclásico, signadas por un sistema de intercambio de bienes basado en las Producciones Especializadas Originales de cada asentamiento? Cuya respuesta, de ser positiva, nos estaría dirigiendo al establecimiento de la Especialización Regional como proceso socio-económico capaz de vincular a los diferentes Desarrollos Culturales Locales de la subregión.

AR-6 PLÁTICA INVITADA

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EMPLEADOS PARA LAS CONSTRUCCIONES PREHISPÁNICAS DE TIERRA EN LA REGIÓN DE CASAS GRANDES, CHIHUAHUA

Kita Yuko¹, Domínguez Acosta Miguel², Elizalde Galindo José Trinidad², Girón García Patricia³ y Peña Rodríguez Alberto⁴

¹Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Instituto Nacional de Antropología e Historia, Chihuahua

yuko.kita@uacj.mx

Conocer los materiales y técnicas constructivas del patrimonio arquitectónico es sumamente importante, ya que fomenta la historia de la cultura y de la arquitectura, asimismo este conocimiento fundamenta el diseño de los materiales y técnicas para la conservación y restauración del mismo. Este trabajo es un resultado del estudio preliminar para la identificación de las técnicas constructivas prehispánicas de tierra de las zonas arqueológicas de Paquimé, Cueva de la Olla, y Arroyo Seco que se encuentran en la región de Casas Grandes, Chihuahua. La identificación se realizó mediante métodos y técnicas de geoinformática, geología, arquitectura, topografía, arqueología, geoquímica y geofísica. Esta presentación se enfoca a la determinación de posibles bancos de suelos empleados para las construcciones prehispánicas de tierra. El proceso comenzó con la lectura de imágenes satelitales y cartas geológico-mineras. La selección de muestras arqueológicas y geológicas se realizó por medio de información de tipo arqueológico, arquitectónico y etnográfico, así como las características del suelo como textura y color. Finalmente, se realizó la caracterización de la composición mineralógica y química de las muestras mediante los análisis de Difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X. Con base en la información obtenida se realizó el análisis estadístico, donde se pudieron reconocer los posibles bancos de materiales empleados para la elaboración de la arquitectura de tierra en los tres sitios. El presente estudio cuenta con el permiso para la obtención de las muestras y la ejecución de los análisis mencionados por el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

AR-7

ANÁLISIS MULTIESCALA DE INDICADORES ARQUEOLÓGICOS DE TLAJINGA, TEOTIHUACAN. DESDE LA PERCEPCIÓN REMOTA Y LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA, A LA MICROSCOPIA.

Blancas Vázquez Jorge¹, Barba Pingarrón Luis², Carballo David³ y Rodríguez Marlens²

¹Instituto de Geofísica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Departamento de Antropología, Universidad de Boston
jorgeblancas@unam.mx

Este trabajo forma parte del proyecto Tlajinga Teotihuacan (PATT), hecho en colaboración con el Departamento de Antropología de la Universidad de Boston. Incluye la percepción remota, el contenido químico y mineralógico de muestras de suelo, la prospección geofísica y la arqueología, para determinar: el grado de correlación entre las anomalías espectrales en las imágenes satelitales con los datos geofísicos, los residuos químicos y mineralógicos derivados de actividades humanas y diseminados en las distintas zonas del terreno, principalmente de la época Teotihuacana.

AR-8

PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA DEL SITIO: "DCAR ACEMERAR" (PUEBLO BLANCO), UBICADO EN EL NORESTE MARROQUÍ (RIF). RESULTADOS PRELIMINARES

Ramírez Rodríguez Azul¹ y Blancas Vázquez Jorge²

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Instituto de Geofísica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
azulramirez108@gmail.com

La información histórica y etnográfica del noreste marroquí (Rif), en el Norte de África, indica que la organización sociopolítica de las poblaciones autóctonas (bereberes/amaziges), era un sistema segmentario carente de instituciones burocráticas al que en el siglo XI –con la expansión del sufismo–, se integraron linajes "santos" musulmanes que actuaron como mediadores neutros en los conflictos entre facciones. A nivel arqueológico este sistema de organización sociopolítica dio lugar a un patrón de asentamiento disperso en el que no existieron edificios administrativos, no obstante, los asentamientos de los linajes "santos" que comenzaron a establecerse a partir del siglo XI, funcionaron como "centros de mediación política" en el que tribus y/o facciones rivales solucionaban sus conflictos. Estos asentamientos poseen características muy precisas que permiten diferenciarlos de los asentamientos bereberes/amaziges comunes. En esta ponencia se muestran los resultados preliminares del análisis de un sitio arqueológico a través de imágenes de satélite que provienen de las plataformas Ikonos y QuickBird de Digital Globe. La composición de color preliminar, composición

del visible, canales 321, y correspondientes a las imágenes de los años 2004 y 2014, muestran los trazos sobre la superficie del suelo de antiguos asentamientos que de acuerdo con la hipótesis de trabajo, constituyen los restos de un antiguo "centro de mediación política".

AR-9 CARTEL

SUBSISTENCIA EN GRUPOS CAZADORES RECOLECTORES DURANTE EL HOLOCENO EN LA DEPRESIÓN CENTRAL DE CHIAPAS

Pérez Martínez Patricia¹, Acosta Ochoa Guillermo² y Guerrero Sánchez Guillermo Vladimír³

¹Laboratorio de Tecnología de Cazadores Recolectores, ENAH

²Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana, IIA-UNAM

³Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH
patricia_perez@enah.edu.mx

Se presentarán los resultados obtenidos de los análisis de huellas de uso en artefactos líticos, combinado con análisis de almidones, Fluorescencia de Rayos X y Spot Test de las superficies de ocupación del Holoceno medio (5,000-8,000 cal. AP) del abrigo de Santa Marta (Chiapas), asociadas a las capas IV y V (Acosta 2008; García-Bárcena y Santamaría 1982) que incluyen áreas de concentración de ceniza y carbón (hogares), restos de alimento (restos de cangrejo, caracoles de agua dulce, restos de mamíferos y reptiles), también artefactos de molienda y restos de vegetales entre los que se encuentran semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia*), cajopoquí (*Bumelia laetivirens*), Celtis y tubérculos disecados de yumi (*Dioscorea aff. cymosula*). La combinación de resultados nos ha permitido determinar que para este período de transición los contextos asociados al Holoceno temprano y medio en la Depresión Central de Chiapas demuestran que lejos de su estereotipo de sociedades de transición con poca incidencia en su entorno, son sociedades que impactan el medio, alterando la evolución natural de los ecosistemas.

AR-10 CARTEL

AGRICULTURA TEMPRANA EN EL VALLE DE TEOTIHUACAN: PLANTAS PREHISPÁNICAS DE ALTICA

McClung de Tapia Emily, Acosta Ochoa Guillermo, Martínez

Yrizar Diana, Adriano Morán Cristina y Cruz Jorge Ezra

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

emily.mcclungtapia@gmail.com

El origen de las llamadas sociedades complejas es un tema importante para la arqueología mesoamericana. Sin embargo, aunque surgió uno de los estados antiguos de mayor tamaño e influencia, Teotihuacan, en el sector noreste de la Cuenca de México, durante las últimas décadas ha habido relativamente poca investigación en torno al periodo Formativo previo a su desarrollo. El Proyecto Altica, iniciado en 2014 y dirigido por Deborah Nichols y Wesley Stoner, ha pretendido abordar problemas específicos relacionados con la transición hacia la vida urbana en la Cuenca. Altica es uno de los pocos sitios agrícolas tempranos en la región que no ha sido arrasado por la expansión urbana de la Ciudad de México. A pesar de su extensión limitada y su ubicación remota, Altica tuvo un papel importante en las redes de intercambio centradas en la explotación de obsidiana proveniente de Otumba además de otros productos foráneos. Altica, ubicada en el piedemonte del sureste del Valle de Teotihuacan, es la aldea agrícola de mayor antigüedad conocida en esta área. Desde la perspectiva paleoetnobotánica, su importancia reside en la posibilidad de recuperar evidencia para la utilización de plantas domesticadas y otros productos, además de contribuir al estudio de las comunidades de vegetación predominantes en el Valle con evidencia pertinente al periodo Formativo Medio-Tardío. Resultados preliminares, obtenidos del análisis de restos macrobotánicos junto con los fitolitos y gránulos de almidón de implementos líticos recuperados de excavación, ofrecen una visión de la economía local y producción agrícola en esta comunidad. La presencia del maíz entre las plantas recuperadas a partir de sedimentos excavados e implementos líticos en depósitos primarios correspondientes a aproximadamente 1200 a.n.e., indica que el cultivo del maíz fue una actividad económica fundamental en el norte de la Cuenca de México durante este periodo.

AR-11 CARTEL

ESTUDIO DE PROCEDENCIA DE MATERIAS PRIMAS LÍTICAS EN UN SITIO DE OCUPACIÓN PRECERÁMICA EN EL SUR LA CUENCA DE MÉXICO

García Víctor Hugo¹, Acosta Ochoa Guillermo² y Jiménez Cuñilhuac Héctor Octavio Jacinto³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH
victortkgarcia@gmail.com

El estudio se centra en el análisis de procedencia de un conjunto instrumental lítico de obsidiana, basalto y calcedonia Empleados para la elaboración instrumentos de trabajo para la transformación del medio por las sociedades que habitaron el sitio arqueológico de San Gregorio, Xochimilco, cuya ocupación se ubica entre 6000 y 3800 antes del presente. Se realizaron análisis de fluorescencia de Rayos X

con un equipo portátil (pXRF) para la caracterización geoquímica de los basaltos, calcedonias y obsidias del sitio. Los materiales arqueológicos fueron comparados con muestras de referencias provenientes de distintos de flujos volcánicos de obsidiana del Eje Neovolcánico Transmexicano así como de muestras de basaltos provenientes de la Sierra Chichinautzin. Los resultados obtenidos permitieron identificar las fuentes de basalto y obsidiana explotada en ese periodo desde donde se obtuvo la materia prima utilizada por los habitantes de San Gregorio, no obstante las calcedonias solo pudieron agruparse en base a sus características geoquímicas y características de fluorescencia de luz visible, pero no determinar su procedencia exacta debido a que no han sido ubicadas fuentes de este material en la Cuenca. Así también permite desarrollar propuestas que traten de dar cuenta de la interacción de distintos grupos del periodo precerámico en la cuenca de México para la conformación de redes de intercambio para la obtención de materias primas.

AR-12 CARTEL

CRONOLOGÍA DE OCUPACIÓN PARA EL SITIO PRECERÁMICO SAN GREGORIO ATLPULCO EN EL ÁREA DE XOCHIMILCO

Beramendi Orosco Laura¹, González Hernández Galia², Acosta Ochoa Guillermo³, McClung de Tapia Emily⁴ y García Gómez Víctor Hugo⁴

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁴Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM

laurab@geologia.unam.mx

San Gregorio Atlapulco, es uno de los sitios arqueológicos más representativos para llevar a cabo estudios sobre el poblamiento temprano, agricultura inicial y desarrollo de los primeros asentamientos sedentarios dentro de la Cuenca de México. En este trabajo se presenta la cronología propuesta para este sitio, hasta el momento se han obtenido siete dataciones en muestras de carbón, tres de ellas por Espectrometría de Centelleo Líquido (ECL) en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono-LUR, UNAM y cuatro por Espectrometría de masas con aceleradores (AMS) en Beta Analytic. Las edades radiocarbónicas obtenidas corresponden a los periodos denominados Fase Playa I (6434-6045 cal a.C.), inicio de la ocupación, Fase Playa II (5057-4840 cal a.C.), que representa el momento en el que el islote es ocupado de manera muy intensa con gran cantidad de hogares de mayor tamaño y Fase Atlapulco (4451-3954 cal a.C.), periodo de mayor intensidad de ocupación del islote. Estos datos preliminares sugieren un panorama más antiguo para San Gregorio que el modelo planteado por Niederberger para Zohapilco. Con el objetivo de obtener una cronología más precisa para el área de Xochimilco y como parte del proyecto PAPIIT-IG400217 en curso "Impacto humano en el área de Xochimilco durante los últimos 8,000 años", se han obtenido nuevas muestras para datación, esto permitirá una mejor comprensión acerca de cómo se dio el poblamiento inicial y la agricultura de las comunidades lacustres del área de Xochimilco durante los últimos 8 mil años.

AR-13 CARTEL

TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS EN ZOOARQUEOLOGÍA SOCIAL: CASOS DE ESTUDIO SOBRE EL PERRO DOMÉSTICO EN EL OCCIDENTE DE MESOAMÉRICA

Brito Mayor Aitor y Esparza López Juan Rodrigo
Colegio de Michoacán, ColMich
albrimay@gmail.com

El hallazgo en contextos arqueológicos mexicanos de *Canis familiaris* supone una evidencia más de la relevancia que este animal doméstico tuvo en el seno de las poblaciones del pasado. Para profundizar en el trasfondo social de esta relación entre perros y humanos, se ha conformado un proyecto de tesis de maestría transdisciplinario, que tiene a la arqueometría como piedra angular. Al estudio de los restos zooarqueológicos se suma la obtención de dataciones numéricas por AMS y la lectura de elementos traza por RX, confluyendo en un cuerpo de datos que nos ha permitido estudiar en detalle tres casos distintos dentro del Occidente Mesoamericano. El sitio funerario de La Mina (Cuitzeo, Michoacán), nos permite analizar la participación de los cánidos domésticos en el ritual y las implicaciones que ello tuvo en el contexto sistémico. En segundo lugar, el sitio de Los Guachimontones (Jalisco) constituye un centro neurálgico durante el Clásico temprano (100 A.D. – 250 B.C.) que, gracias a la diversidad de contextos en los que aparecen estos animales, hemos podido obtener una visión diacrónica. En este sentido cabe destacar la datación numérica del perro más antiguo de la sub-área hasta el momento reportado. Por último, se estudian dos contextos fúnebres tardíos en la Laguna de Cuyutlán (Manzanillo, Colima), con una muestra de 46 perros, bien en fosas simples o compuestas por otros animales, entre ellos humanos.

AR-14 CARTEL

ESTUDIOS DE ARQUEOINTENSIDAD SOBRE CERÁMICAS PREHISPÁNICAS EN ABRIGO LA CEIBA, CHIAPAS, MÉXICO. RESULTADOS PRELIMINARES.

López Delgado Verónica¹, Gogichaishvili Avto², Soler

Arechalde Ana María¹ y Acosta Ochoa Guillermo³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

verol@ciencias.unam.mx

Abrigo La Ceiba, Chiapas, es un sitio arqueológico donde sociedades tempranas se desarrollaron en la cuenca del río Grijalva. Excavaciones en 2011 y 2012 dieron hallazgo a materiales cerámicos, líticos y huesos. Tres tiestos fueron estudiados por campos magnéticos alternos y se realizaron experimentos de arqueointensidad siguiendo el protocolo Thellier-Coe. Se espera que la determinación absoluta de arqueointensidad confirme temporalidad temprana del Preclásico Temprano (900 a.p.).

AR-15 CARTEL

FARDO MORTUORIO PREHISPÁNICO DE ZIMAPÁN, HIDALGO. TRATAMIENTO DE CONSERVACIÓN Y DATACIÓN DEL PETATE Y LA MORTAJA.

Gómez Judith¹, Mainou Luisa¹, Straulino Luisa¹,
González Hernández Galia² y Beramendi Orosco Laura³

¹Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, INAH

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

jud_gom@yahoo.com

Un fardo funerario fue encontrado fortuitamente en la comunidad del Saucillo, en Zimapán Hidalgo en el año 2014. El fardo pertenece a un individuo prehispánico el cual fue depositado envuelto en una mortaja de algodón tejida en telar de cintura, sujetada y amarrada con bandas de algodón, igualmente tejidas en telar, rematando el envoltorio con un petate tejido en palma. El estado de conservación de cada uno de los materiales que conforman al fardo es de singular importancia. La cantidad de material existente constituye un hallazgo importante para su análisis y estudio develando rica información desde el punto de vista de la conservación de osamentas y materiales textiles orgánicos prehispánicos así como de carácter antropológico. Este trabajo se enfocará a dos elementos textiles del fardo, la mortaja de algodón y el petate de palma. La intervención de estas dos piezas se realizó con un método novedoso y sustentable por medio del uso de quitosan, además ambos materiales fueron datados en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono de la UNAM arrojando resultados similares en ambos textiles.

AR-16 CARTEL

ANÁLISIS DE PROCEDENCIA Y CARACTERIZACIÓN TEXTURAL DE LAS CERÁMICAS PREHISPÁNICAS DE LA REGIÓN EL GRAN TUNAL, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Delgadillo Sánchez María¹, Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto¹, Valdés
Jesús Cristóbal², Talavera Mendoza Oscar³ y López Díaz Jazmin³

¹Instituto de Geología, UASLP

²INAH

³UAGRO

mariadelsan_@hotmail.com

El sitio arqueológico del Gran Tunal se ubica en el estado de San Luis Potosí, que fue habitado por grupos sedentarios que tenían una economía mixta basada en la agricultura y la caza. Las cerámicas Valle de San Luis y Electra tienen una temporalidad que va del año 400 al 600 d.C., caracterizadas por una decoración policroma, con una combinación de diseños geométricos compleja, entre las formas destacan ollas, cuencos y cajetes de figura compuesta. En cambio la cerámica de la ocupación temprana que va del año 100 al 400 d.C., es monocroma y bicroma en esta última la decoración es simple en cuencos y ollas. El análisis petrográfico y modal sugiere dos petrofacies en donde los desgrasantes forman el 40% y 50% de la composición de la pasta. La petrofacies I se caracteriza por una predominancia de cuarzo y vidrio volcánico, con alta densidad de poros, que ocasionalmente son rellenos por pumpellita. La petrofacies volcanoclastica se caracteriza por un alto contenido de líticos volcánicos con texturas felítica, fluida y esferoidal. El análisis químico obtenido por SEM-EDS determina que las muestras de la petrofacies I tiene un alto contenido en SiO₂ >67% y baja proporción en Al₂O₃ <18%, y FeO <4% mientras que la petrofacies II, presenta un 63% de SiO₂, moderado porcentaje de FeO (~6%) y un bajo contenido de K₂O < 4.3%. La composición geoquímica de ambos tipos cerámicos denota áreas fuentes de composición volcánica. El análisis de texturas por medio de CL en cuarzoes permite establecer una predominancia de cuarzoes no fragmentados, los líticos volcánicos presentan una textura fluidal, de esquirlas, los cuarzoes policristalinos presenta coloración en azul y violeta. El conjunto de análisis indican que las fuentes están localizadas en una zona volcánica,

y que las cerámicas se distinguen de las de otras regiones por las características mineralógicas de las pastas.

AR-17 CARTEL

ANÁLISIS DE RESIDUOS QUÍMICOS EN CERÁMICA PARA IDENTIFICAR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN EN EL PASADO. EL CASO DE SAN PEDRO, XOCHIMILCO

Hernández Grajales Meztli¹, Pecci Alessandra², Barba Pingarrón Luis³ y Ortiz Butrón Agustín⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universitat de Barcelona
meztlih@gmail.com

El análisis de residuos químicos es una técnica arqueométrica desarrollada en México desde los años 80 para identificar actividades realizadas sobre pisos de aplanado de cal. Hace unos años la técnica de pruebas sencillas o spot test se empezó a aplicar a la cerámica arqueológica para identificar actividades relacionadas con la alimentación. En Europa, este estudio integra el análisis de residuos orgánicos mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas. Así, las interpretaciones obtenidas arrojan datos mucho más completos, mostrando la importancia del estudio de residuos orgánicos mediante técnicas arqueométricas. El estudio de residuos orgánicos mediante spot test y cromatografía de gases se llevó a cabo en materiales procedentes de un sitio habitacional excavado en el barrio de San Pedro en Xochimilco. Los resultados de esta investigación prueban la importancia del estudio, de manera más particular, sobre alimentación, desde una perspectiva arqueológica. Xochimilco es un lugar donde actualmente se mantiene la tradición de preparar comida que se asemeje a la que se debió consumir en época prehispánica. El uso de las fuentes históricas y arqueológicas permitirá complementar la interpretación de lo que debió ser la dieta en la época mexicana de un grupo xochimilca de la zona no chinampera. En esta ponencia se busca presentar los resultados preliminares del trabajo realizado en los laboratorios de la UNAM y la Universidad de Barcelona a 169 fragmentos de cerámica doméstica.

AR-18 CARTEL

ANÁLISIS DE LA MINERALOGÍA DE VASIJAS PREHISPÁNICAS HALLADAS EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Millán Malo Beatriz Marcela¹, Cerón González Axel², Rivera Muñoz

Eric Mauricio³, Ramírez Cardona Marius³ y Sterpone Osvaldo⁴

¹CFATA, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEM

⁴Instituto Nacional de Antropología e Historia, Pachuca, Hgo.
bmillan@fata.unam.mx

Las cerámica arqueológica es testimonio de sociedades desaparecidas y constituye un medio de conocer algunos aspectos culturales como su forma de pensamiento, concepciones religiosas, así como la sensibilidad artística y las herramientas tecnológicas empleadas en su elaboración. En términos generales la cerámica de barro perdura a través de los años casi intacta y cuando las piezas se pueden rescatar completas proporcionan información muy valiosa. Sus características como la forma, elementos decorativos y tipo de barro empleado, proporcionan elementos que permiten reconocer su estilo y época. Por otra parte uno de los recursos que se emplean en la investigación de las cerámicas arqueológicas es indagar los procedimientos tradicionales de fabricación que persisten en la actualidad. Mesoamérica, la región centro-sureste de nuestro país, así como la zona norte de Centroamérica, constituye una de las regiones más importantes del desarrollo de culturas prehispánicas a lo largo de los horizontes culturales. Aunque en la actualidad tenemos un conocimiento muy amplio de esas culturas, Mesoamérica fue escenario de muchas otras que aún nos son desconocidas y que apenas están siendo estudiadas a partir de excavaciones recientes. En este aspecto, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) recientemente nos ha proporcionado fragmentos de piezas cerámicas localizadas en Huehuetla, un lugar próximo a la Huasteca Hidalguense, en un proyecto de colaboración. El interés por identificar la cultura de origen de estas cerámicas conlleva al estudio tanto del material con la que fueron elaboradas las vasijas como la técnica empleada en su preparación. Con esta idea se recolectaron muestras en sitios aledaños a la zonas donde tradicionalmente se elaboran vasijas de cerámica de manera tradicional para estudiar el posible material de origen y compararlo con el de los fragmentos. En este trabajo presentamos el análisis de una de estas arcillas así como de algunos fragmentos. El estudio de la fracción arcillosa separada del suelo se realizó en el montaje de agregados orientados a los cuales se realizaron algunos tratamientos subsecuentes como glicolación, calentamiento a 425 y a 550 °C, para identificar su estructura cristalina por difracción de rayos X. Por otra parte, los fragmentos cerámicos se analizaron en tres zonas diferentes: en la superficie interna, la zona central y la superficie externa. Estos análisis se realizaron tanto por difracción de rayos X por haz paralelo para determinar la estructura cristalina de las arcillas presentes como por fluorescencia de rayos X para la identificación de su composición elemental. Los resultados integran elementos que ayudan a explicar la manufactura de las vasijas lo que ayuda a los arqueólogos a determinar su origen.

AR-19 CARTEL

USO DE TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS EN EL ANÁLISIS DE PISOS DE LA PLAZA DE LA PIRÁMIDE DEL SOL, TEOTIHUACAN, MÉXICO. RESULTADOS PRELIMINARES

Lozano Bravo Hilda¹, Soler Arechalde Ana María²,

Barba Pingarrón Luis³ y Ruvalcaba Sil José Luis⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁴Instituto de Física, UNAM

ylletzi@gmail.com

Hasta el momento hemos realizado análisis Arqueomagnéticos, Químicos y, Físicos con seis técnicas no destructivas: Microscopía óptica, Fluorescencia de rayos X (XRF), Difracción de rayos X (XRD), Microscopía electrónica de barrido (SEM), Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopia Raman. Todos estos estudios se han realizado en fragmentos de tres tipos de pisos, que corresponden a distintos niveles de superficie que se localizaron en las excavaciones realizadas en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, Teotihuacan; durante la temporada de excavación 2014. Dichos análisis se han hecho con la finalidad de conocer los materiales empleados para la elaboración de cada uno de los pisos y observar si hay diferencias tecnológicas en la preparación de los materiales o de los pisos en sí, a lo largo del tiempo de ocupación del sitio arqueológico de Teotihuacan. Todo esto reflejado desde uno de los espacios rituales más icónicos de la arqueología mexicana. En esta ocasión hablaremos sobre los resultados obtenidos de los análisis realizados con FTIR, XRD y Raman, sobre muestras sin consolidar; y los obtenidos del estudio con SEM de bloques de muestras consolidados. También discutiremos sobre las dataciones realizadas por Arqueomagnetismo, a los tres niveles de piso. Gracias a los resultados obtenidos proponemos la ubicación cronológica de estos momentos constructivos, así como los pros y contras de uso de esta metodología en los pisos con las características físicas particulares, que poseen los pisos teotihuacanos que hemos analizado.

AR-20 CARTEL

INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS PARA OPTIMIZAR LA INTERPRETACIÓN EN LA EXPLORACIÓN ARQUEOLÓGICA

Flores Walter y Hernández Esteban

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

walterf1908@gmail.com

Los objetivos de la Arqueología se presentan con dimensiones y profundidades que van de escasos centímetros y generalmente no rebasan los diez metros. Por lo que la geofísica somera toma una gran relevancia en este tipo de estudios debido a la escala y el nivel de detalle en que se adquieren datos. La aplicación de este trabajo se localizó en la zona arqueológica de Xalasco, en el municipio de Alzayanca, Tlaxcala. En esta zona se han realizado diversos estudios exploratorios desde su descubrimiento en el siglo pasado y se han encontrado evidencias de ocupación humana de la época prehispánica con una relación económica e ideológica teotihuacana. Los rasgos que fueron posibles de observar en campo se dirigen a un montículo antropogénico localizado en la parte central de un polígono ocupado en la actualidad para el uso agrícola, en el que se han identificado una variedad de ejemplares trabajadas por aquella cultura. El objetivo de este trabajo fue crear una metodología en la que se logrará optimizar el uso de técnicas de geofísica somera mediante la integración y el pos procesamiento de éstas de forma individual. Por lo que fue necesario establecer un análisis de variables físicas con el fin de obtener un mejor conocimiento de la zona, esto mediante herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Dicho análisis permitió construir capas de información para localizar zonas anómalas de interés con datos de Magnetometría y Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) empleando Álgebra de mapas para realizar la suma de variables (intensidad de campo total y resistividad eléctrica). A partir de un estudio general se creó una guía regional para analizar zonas de interés y a partir de éste se emplearon técnicas de mayor resolución, como es el GPR, interpretando secciones en el dominio espacio-tiempo y en el régimen de la frecuencia mediante espectrogramas. Posteriormente se creó el modelado directo de una anomalía de una esfera enterrada como modelo sintético y a partir de dos secciones trazadas del Gradiente Vertical se realizó inversión de Mínimos Cuadrados para estimar parámetros como la posición en la vertical, horizontal y la susceptibilidad magnética de la fuente para ambas secciones. Finalmente, ambas anomalías formarán parte del cálculo de la Deconvolución de Euler mediante software de uso libre. En base a los resultados obtenidos fue posible crear una metodología que mejorará la interpretación de la zona de estudio y los parámetros de las fuentes debido a la planificación de estudios regionales y puntuales. Además de las evidencias ya mencionadas del montículo central, se identificó otra zona de interés gracias a la metodología empleada y por lo tanto se logró estimar los valores de la profundidad de las fuentes, susceptibilidad magnética, dimensiones y geometrías.

AR-21 CARTEL

TRANSFORMACIÓN Y ADAPTACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL PUERTO PREHISPÁNICO DE LA PERLA DEL GOLFO, VERACRUZ

Lozano Itzel, Budar Lourdes y Sieron Katrin
Universidad Veracruzana, UV
geog.itzeltinoco@gmail.com

A partir del año 2008 el Proyecto Arqueológico Sierra de Santa Marta-San Martín Pajapan, Los Tuxtlas, Ver." de la Universidad Veracruzana, ha registrado 3 asentamientos prehispánicos en el corredor costero; estos asentamientos están divididos en 48 complejos arquitectónicos que agrupan 5689 estructuras. En el año 2013, fue identificado un sistema portuario prehispánico, posteriormente se designó como Puerto principal a aquel identificado en el sitio arqueológico "La Perla del Golfo", situado al noreste de la región de los Tuxtlas. Tal sitio está compuesto por bahías artificiales, así como zonas administrativas, de embarque, de almacenaje y zonas habitacionales. Así mismo, gracias a los análisis arqueológicos se sabe que dicho Puerto se mantuvo activo por al menos 2000 años (de 1000 aC al 1000 dC). Es necesario enfatizar que la zona de estudio se encuentra sobre un gran abanico fluvial (delta), caracterizado por el acarreo de sedimentos, lo cual ha propiciado un ambiente dinámico e inestable a lo largo del tiempo en contraste y/o comparación con la porción central de la región, donde se destaca la actividad volcánica y la predominancia de roca basáltica. Por lo tanto, el presente estudio aborda las características geológico-geomorfológicas de la zona destacando las áreas habitacionales y las plataformas de almacenaje del puerto principal, presentando los primeros resultados del análisis geomorfológico, sedimentológico, así como la secuencia estratigráfica del lugar. En consecuencia, tales resultados plantean generar un acercamiento al contexto físico en el cual se desarrolló la ocupación prehispánica, a partir del análisis de las características del contexto natural altamente móvil y la inserción de las construcciones humanas.

AR-22 CARTEL

TOMOGRFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 3D EN CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MORELIA, MÉXICO

Cabrer Roberto¹, Cifuentes Nava Gerardo², Tejero Andrade Andrés³, Chávez Segura René⁴, Hernández Quintero Juan Esteban⁵ y García Serrano Alejandro⁶

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

robertocabrert@gmail.com

Tradición oral en la Ciudad de Morelia ha llevado a la creencia de la existencia de túneles subterráneos de origen antrópico en la zona centro que conectan con catedral, mito respaldado por la presencia de posibles accesos en algunas edificaciones cercanas al templo mencionado. Ya que la zona es denominada patrimonio cultural, la excavación o perforación exploratoria es poco factible; es necesaria la implementación de técnicas no invasivas. Siendo estos los motivos por los cuales se realizaron trabajos exploratorios de TRE 3D. Así se presentan resultados de diversas Tomografías de Resistividad Eléctrica 3D en el centro histórico de la ciudad de Morelia, específicamente en catedral, llevadas a cabo en los años de 2009, 2014, 2016 y 2017. De igual forma se muestra un procesado conjunto de los datos obtenidos en 2014 y 2016. Los estudios realizados se describen por año a continuación: 2009, TRE 3D con 98 electrodos distribuidos alrededor de catedral; 2014, TRE 3D en la porción de la avenida justo en frente de catedral con 46 electrodos; 2016, TRE 3D en el atrio del templo, fueron levantadas 3 líneas con un total de 72 electrodos; 2017, TRE 3D con nuevas metodologías; su utilizaron 93 electrodos dispuestos alrededor de catedral. Todos los grupos de datos fueron procesados individualmente con el software EarthImager3D y visualizados con Voxler, aunado a esto se realizó un modelado conjunto de los datos de 2014 y 2016 con la idea de encontrar información relevante no visible con el procesado individual. Los resultados obtenidos denotan la existencia de diversas estructuras de interés, ya que por su imagen resistiva y morfología, aparentan posibles cavidades o túneles por debajo de la superficie del edificio. Algunas de ellas sugieren conectividad más allá de los límites del edificio y de la zona de investigación.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizador:

Felipe García Oliva

CS-1

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EMPLEANDO SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN UNA MICROCUENCA FORESTAL AL SUR DE MORELIA, MICHOACÁN

Onchi Ramuco Norma Leticia, Gómez-Tagle Alberto y Gómez-Tagle Alberto
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, INIRENA
 norma.onchi@gmail.com

Bajo una perspectiva ecohidrológica es necesario considerar la heterogeneidad vertical del suelo y de las propiedades relacionadas con los procesos hidrológicos. El suelo como cuerpo natural posee un volumen tridimensional, que raramente es considerado en el funcionamiento de los ecosistemas a nivel hidrológico. La resistividad se puede considerar como una propiedad asociada a las propiedades físicoquímicas del suelo como; la estructura, contenido de arcilla y de agua, capacidad de intercambio catiónico y pH. La resistividad ha sido utilizada como variable predictora de fácil medición en la identificación de algunos horizontes del suelo, en el manejo agronómico para la identificación de áreas de mayor compactación y para conocer las características de la zona no saturada, entre otras. El objetivo del trabajo fue explorar las capas del suelo en una microcuenca forestal ubicada al Sur de Morelia, Michoacán empleando sondeos eléctricos verticales (SEV). El muestreo se realizó con base en la geomorfología, se describieron seis perfiles de suelo, se tomaron muestras de suelo cada 20 cm hasta 2.0 metros de profundidad con barrena de sacabocado y se llevaron a cabo sondeos eléctricos verticales (SEV) en cada punto de muestreo durante la época de estiaje. El equipo empleado se diseñó con materiales de sencilla adquisición (electrodos, multímetros automáticos, batería de 12 Voltios y un inversor de corriente alterna de 800 watts). Los datos del SEV fueron procesados en el software IP12win y los análisis de suelo siguiendo las técnicas de la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los resultados del análisis de los SEV permitieron identificar eficientemente 2 capas que corresponden con las observadas en los perfiles descritos la primera, corresponde a un horizonte con propiedades ándicas y la segunda a un horizonte argílico (Bt). Se concluyó que este método puede ayudar a identificar de manera más rápida y no destructiva las capas del suelo y puede proporcionar información sobre su espesor y profundidad. Además, su aplicación ayuda no sólo al conocimiento del recurso suelo o agua, sino también al manejo de ecosistemas (forestales y agrícolas), mediante la ubicación de sitios potenciales de humedad, dinámica hidrológica subsuperficial y funcionalidad del suelo.

CS-2

IMÁGENES 2D PARA EVALUAR COMPACTACIÓN DEL SUELO Y LA INTERACCIÓN SUELO-RAÍCES

De León González Fernando y Miranda Román Mayra
Universidad Autónoma Metropolitana, UAM
 fdeleong@gmail.com

Introducción. La compactación es una de las principales formas de degradación del suelo, la cual se origina por actividades humanas. Consiste en la reducción del espacio poroso con el consecuente aumento de la densidad aparente del suelo. En los suelos arables la intervención del tractor y de los implementos origina zonas compactas que pueden transformarse en estratos horizontales (caso del piso de arado) o bien zonas afectadas por el paso de las llantas, principalmente en condiciones de alta humedad en el suelo. El incremento en la compactación de suelos arables o bien de sustratos usados en agricultura protegida, altera el sistema de poros que hace posible la circulación de agua y la oxigenación en el suelo. La compactación tiene consecuencias en el crecimiento de las raíces pues son sensibles al tamaño de los poros y a la presencia de agua dentro de los mismos. La comprensión de la interacción entre niveles y formas de compactación con el crecimiento de las raíces es importante tanto para suelos arables como suelos con vegetación natural. Materiales y Métodos. Dependiendo de los objetivos del trabajo las imágenes 2D pueden provenir de objetos de diversos orígenes como son los perfiles completos del suelo (1-2 m²), unidades estructurales homogéneas (10-30 cm), terrones (1-10 cm), agregados (< 1 cm), o bien raíces con o sin suelo adherido. Todas las imágenes deben contar con un referente métrico que permita calibrar cada imagen y obtener cuantificación de dimensiones de los objetos. De igual manera se pueden producir micro-imágenes de láminas delgadas o bien de imágenes obtenidas por microscopía de distintos tipos (estereoscópica, óptica o microscopía electrónica). El uso del sistema de imágenes permite con relativa facilidad generar valores de porosidad total y de porosidad asociada a rangos de tamaño de poro. Resultados previos. Se han generado resultados de porosidad y de compactación a partir de estudios con láminas delgadas en suelos estructuralmente inestables con bajo contenido de arcillas. En este mismo tipo de suelo se ha logrado cuantificar el tamaño de raíces finas e hifas de hongos en el suelo, así como las dimensiones de rizocorazas las cuales involucran tanto raíces finas como suelo mineral adherido a las raíces. Resultados en perspectiva. Actualmente se está trabajando en la generación de datos de porosidad y densidad de raíces en terrones obtenidos en un suelo con compactación extrema en el Estado de Tlaxcala. Estos resultados se vincularán a micro-determinaciones de carbono orgánico. Los datos de micrometría se están haciendo a partir de imágenes macroscópicas de terrones acondicionados en laboratorio en forma de esferas lo cual facilita obtener la determinación de densidad aparente, principal indicador de compactación del suelo. Conclusión. El análisis de imágenes 2D permiten generar información sobre

el estado estructural del suelo de distintas dimensiones; dicha información es de relevancia para proyectos vinculados a la calidad del suelo y a los efectos de sistemas de manejo, en el marco de problemáticas de impacto global como es el cambio climático.

CS-3

ANÁLISIS, MODELACIÓN E IMPACTO DE LA EROSIONABILIDAD DEL SUELO E ÍNDICE DE EROSIÓN PLUVIAL EN LA CUENCA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Z. Flores López María, Schwenicke Tobias, Cortés
 Martínez Mara Yadira y Pérez-Venzor José Antonio
Departamento Académico de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Baja California Sur
 mariazflores@hotmail.com

Las cuencas hidrográficas son unidades de gestión, en las que el propósito de manejo, es evitar la erosión del suelo, controlar la pérdida de vegetación y mejorar el funcionamiento de la red de drenaje, protegiendo los recursos naturales e impulsando el desarrollo sostenible de las poblaciones que en ellas habitan. En la zona de estudio que es la cuenca de La Paz en Baja California Sur, se ve caracterizada por un régimen climático árido-seco, donde destaca la escasez de lluvia a lo largo del año, la incidencia de ciclones en el verano, un relieve medianamente abrupto, falta de vegetación, los acuíferos de la zona están sobreexplotados, y se desarrolla un excesivo sobrepastoreo que termina por erosionar los suelos de la cuenca y en general, acentuar más aún la aridez del sector, lo cual produce importantes interrogantes acerca de la gestión de suelos y recursos hídricos en la zona. El panorama anteriormente planteado genera una marcada erosionabilidad de los suelos que está influida por algunas propiedades de los mismos, tales como la distribución del tamaño de las partículas primarias, materia orgánica, estructura del suelo, óxidos de hierro y aluminio, uniones electroquímicas, contenido inicial de humedad y procesos de humedecimiento y secado. Por ello el análisis de la erosionabilidad del suelo y la erosión pluvial, en conjunto definen lo que se denomina erosión potencial, la cual es una condición teórica donde el suelo no presenta protección alguna, y como su nombre lo indica es la condición máxima potencial de erosión para un punto o sitio dado. De ahí que fue necesario aportar determinaciones anteriores de la zona de estudio, y de acuerdo a ello se analizaron 115 muestreos de suelo a diversas profundidades donde se obtuvieron las principales características edáficas para la zona de estudio, con lo cual estos datos fueron reagrupados y tratados digitalmente mediante SIG para su posterior modelación. La metodología utilizada para modelar el factor de erosión pluvial se basó en un análisis de interpolación que permitió determinar la estructura y distribución espacial de la agresividad climática, en base a los escasos datos puntuales de las estaciones climatológicas sobre el área de estudio. A partir de los resultados generados se proponen medidas de conservación para mitigar el impacto del proceso de degradación en la zona estudiada.

CS-4

MONITOREO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA CDMX: SOFTWARE "METALES PESADOS EN MATRICES AMBIENTALES"

Bautista Francisco¹, Pacheco Aristeo² y Gogichaishvili Avto³
¹LUGA, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
²Skuu
³LUGA, Instituto de Geofísica, UNAM
 leptosol@ciga.unam.mx

La contaminación por metales pesados en las ciudades es un problema que afecta la salud. La OMS indica que mueren más de 7 millones de personas por año debido a la contaminación del ambiente. El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un software mediante el cual se pueden manejar miles de metales pesados. El diseño del software contempla los procedimientos estipulados en la norma Mexicana (NMX-I-045-NYCE), esta normativa enlista los lineamientos mediante los cuales se debe de sostener un desarrollo de software. Utilizando el modelo de ciclo de vida en cascada y los siguientes insumos: Java como lenguaje de programación por cumplir con los criterios de ser: multipropósito, paradigma orientado a objetos, multiplataforma, código abierto y con un alto rendimiento; b) Eclipse como entorno de desarrollo integrado (IDE) por cumplir con los criterios de ser: multiplataforma, código abierto y contar con una amplia comunidad de usuarios; c) H2 como sistema gestor de base de datos (SGBD) por cumplir con los criterios de ser: multiplataforma, ligero, embebible, sintaxis SQL y relacional. Etapas de desarrollo: análisis de requerimientos, diseño y arquitectura, programación, pruebas y documentación. Análisis de requerimientos: Se enlistan los requerimientos mediante los cuales se fundamentó el desarrollo del software • Debe ser multiplataforma, capaz de funcionar en los sistemas operativos más populares Linux, Windows y Mac OS. • Debe ajustarse a las dimensiones de la pantalla del ordenador • Debe de poder almacenar, actualizar, eliminar las ciudades, países y estado de las muestras almacenadas en el software. • Debe ser capaz de almacenar, actualizar y eliminar los sitios referenciados en coordenadas UTM o geográficas. • Debe ser capaz de almacenar, actualizar y eliminar las matrices de datos suelos, polvos y plantas asociadas a los sitios de muestreo. • Debe ser capaz de almacenar, actualizar y eliminar los

bloques de datos de los elementos mayores, elementos potencialmente tóxicos, propiedades magnéticas y óxidos asociados a las matrices de datos. • Se debe de poder ejecutar, almacenar, actualizar y eliminar las conversiones de mg/m² a mg/kg • Se debe poder almacenar, actualizar y eliminar las propiedades de color de los elementos potencialmente tóxicos • Se deben poder mostrar un conjunto finito de datos de los sitios en pantalla • Se deben poder consultar todos los puntos de muestreo en el software Google Earth, exportando los puntos resultante en formato *.kml El software de "Metales pesados" puede ser usado para: a) almacenar y manejar datos de suelos, polvos urbanos y plantas; b) manejar las propiedades de las matrices ambientales, tales como: datos de metales pesados, elementos mayores, índices de color y propiedades magnéticas; c) transformar los datos de concentración a unidades de peso por superficie; d) calcular los índices de contaminación, geoacumulación y otros. Los sitios de muestreo pueden ligarse a Google Earth con la finalidad de visualizar su posición geográfica. La exportación de información puede ser tabular y gráfica. La interfaz es amigable para la entrada y salida de datos.

CS-5

ESTUDIO MULTIESCALAR DE LA INTERACCIÓN DE LOS FLUVISOLES CÁLCICOS Y LA SOLUCIÓN ÁCIDA FERRO-CUPRÍFERA EN CANANEA, SONORA

Rivera Maria Yazmin¹, Díaz Jaime², Solleiro Rebolledo Elizabeth², Sedov Sergey² y Romero Francisco²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
petuzza@gmail.com

En agosto del 2014 la empresa Buenavista del Cobre se le derramaron 40,000m³ de solución ácida ferro-cuprífera con altas concentraciones de Fe, Al, Cu, Mn, As y Zn en forma soluble. La solución ácida viajó hacia el cauce del arroyo Tinajas y río Bacanuchi, interactuando con los suelos y sedimentos que se ubican en la primera terraza aluvial. El objetivo de estudio fue caracterizar y evaluar los cambios micromorfológicos de los suelos en la zona del río Bacanuchi donde fue la zona de mayor interacción. Se describieron en campo como parte de la caracterización edafológica varios perfiles de suelos en la primera terraza aluvial del río Bacanuchi. Posteriormente se tomaron muestras de suelo impactadas y no impactadas para la caracterización química, mineralógica y geoquímica. Se compararon las concentraciones de elementos mayoritarios y trazas de los suelos afectados con valores de fondo naturales de la zona. Por otro lado se tomaron muestras inalteradas para los estudios micromorfológicos y morfométricos. Para la evaluación morfométrica se utilizó un escáner de alta resolución y un analizador de imagen Image Pro Plus 7.0 para cuantificar a meso y micro escala las precipitaciones producto de la interacción entre los suelos y la solución ácida. Los suelos de la zona se identificaron como Regosoles cálcicos y Fluvisoles cálcicos con pH básicos y a través de la difracción de rayos X se identifica a la calcita. Por otro lado en campo se logró distinguir un cambio de coloración en los suelos impactados (anaranjado amarillento) y no impactados (pardo claro), además que el pH es ácido y la conductividad eléctrica muy alta en comparación con los suelos no impactados. Las muestras impactadas presentan valores más altos que los valores de fondo de los siguientes elementos: de Fe, Al, As, Cu, Cr, Zn y Pb. La difracción de rayos X ya no presenta la calcita y un nuevo mineral es identificado, el yeso. Micromorfológicamente los suelos son de bajo desarrollo con micro laminaciones evidencia del ambiente fluvial en el que se sitúan, además es común encontrar carbonatos de tamaño esparítico y micrítico relleno de poros y fracturas. Las muestras impactadas es frecuente encontrar precipitaciones finas con hierro recubriendo partículas de arena y poros asociadas a pequeños cristales en forma de roseta de yeso, además se observa la ausencia de los carbonatos. La Morfometría demostró cambios en precipitaciones ricas en hierro aumentando en las muestras impactadas, el hierro es uno de los elementos que se encontraban en mayor concentración en la solución ácida y es el responsable del cambio de color de los suelos.

CS-6

CARACTERIZACIÓN ESTACIONAL DE LA RESPIRACIÓN DE SUELO EN UN GRADIENTE SUCESIONAL DE UN BOSQUE TROPICAL SECO EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Yepez Enrique A.¹, Fong-Lopez Liza F.¹, Sandoval-Aguilar Maritza¹, Rojas-Robles Nidia¹, De los Santos-Villalobos Sergio^{1,2}, Sánchez-Mejía Zulía Mayari¹ y Garatza Payán Jaime¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²CONACYT

yepezgiz@gmail.com

El suelo es la principal fuente de CO₂ hacia la atmósfera a través de la respiración del suelo (Rs) durante la descomposición de la materia orgánica. En ecosistemas estacionales, este flujo es regulado por diversos factores biológicos y ambientales, pero debido a lo dinámico que son estos procesos es difícil conocer la importancia relativa de cada parámetro de control. Con la finalidad de entender cuáles son los procesos que controlan la respiración del suelo en el bosque tropical seco (BTS) de Alamos Sonora, se midieron los flujos de CO₂ del suelo, empleando un sistema de cámara dinámica cerrada. Las mediciones se llevaron a cabo en un

sitio desmontado con una recuperación de 9 años y dominado por la cobertura de Acacia cochliacantha (sucesión temprana, ST), un bosque secundario con ca. 35 años de recuperación (bosque secundario; BS) y un bosque maduro (BM) de referencia. Las características generales de los flujos en estos 3 sitios durante 2 años muestran una marcada estacionalidad con flujos en el orden 0.5 µmol CO₂ m² s⁻¹ durante el invierno y primavera secos, pero alcanzando niveles de hasta 6.0 µmolCO₂ m² s⁻¹ en agosto y septiembre durante la temporada de lluvia. Destaca que el comportamiento de la Rs en el bosque maduro fue distinto ya que al inicio de la lluvia mostró un ligero retraso con respecto a los otros dos sitios, pero mantuvo tasas de respiración sostenidas de hasta 4.5 µmolCO₂ m² s⁻¹ durante octubre a diferencia de los sitios en sucesión que mostraron flujos en el orden de 2.0 µmolCO₂ m² s⁻¹ durante este mes. Estas diferencias en el comportamiento de los flujos se reflejaron en la emisión total de C del suelo en los distintos estados sucesionales del BTS, ya que entre junio de 2016 y junio de 2017 se emitieron a la atmósfera 842, 703 y 715 g C m⁻² año⁻¹ en el BM, BS y ST respectivamente. La Rs es sensible a los cambios de uso de suelo y dependiente de los factores ambientales como la humedad y temperatura del suelo.

CS-7

ESTABILIDAD DE LOS PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA: UNA EVALUACIÓN DEL CICLO DEL FÓSFORO

Tapia Torres Yunuen¹, García-Oliva Felipe², Morón Cruz Alberto¹ y Ríos Gabriela¹

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM
ytapia@enesmorelia.unam.mx

El incremento de la producción de cultivos para satisfacer la demanda alimentaria con menor costo ambiental, es el gran desafío global. Actualmente, se ha incrementado la tasa a la que los ecosistemas naturales se transforman en sistemas agrícolas, aumentando con esto, la degradación de los suelos. Los suelos son un componente clave de los ecosistemas terrestres y la biodiversidad microbiana (recursos genéticos del suelo) que existe en ellos es fundamental para llevar a cabo los procesos críticos del ecosistema tales como la descomposición, despolimerización y mineralización de la materia orgánica. El fósforo (P) es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas, para el cual no existe sustituto sintético y generalmente es el elemento que más limita el crecimiento de las plantas debido a su baja disponibilidad en el suelo. En los sistemas agrícolas, la fertilización inorgánica incrementa la disponibilidad de P, modificando la química y la biología del suelo. Este estudio propone el uso de distintos atributos del suelo, como: los nutrientes, actividades enzimáticas y diversidad bacteriana para evaluar la estabilidad de los suelos de uso agrícola con las actuales prácticas de manejo, haciendo énfasis en el ciclo del P. Para el estudio se seleccionaron tres tipos de suelo de uso agrícola en distintas zonas del país: Calcisol en Cuatro Ciénegas, Coahuila, Vertisol en Manuel Doblado, Guanajuato y Andosol en Avándaro, Edo. de México. En las tres zonas, se seleccionaron parcelas con vegetación natural, con cultivos y parcelas abandonadas con historial de manejo agrícola. En cada parcela, se analizaron las diferentes formas de P: disponibles, disueltas, en biomasa microbiana y el fraccionamiento secuencial. Adicionalmente, se cuantificaron tres enzimas: fosfomonoesterasa, fosfodiesterasa, fosfonatasa, y la diversidad funcional cultivable asociada a la transformación de P. Finalmente, se cuantificaron las distintas formas de carbono y nitrógeno. Los resultados nos permiten identificar la fracción más abundante de P y cómo se modifican las fracciones debido a la fertilización inorgánica. En el Calcisol domina la fracción de P extraída con ácido clorhídrico, mientras que en los Andosoles y Vertisoles dominó la fracción extraída con hidróxido de sodio. Adicionalmente, hemos observado que los procesos más vulnerables en los suelos analizados están asociados a la mineralización del P. Lo que sugiere que el manejo agrícola altera drásticamente los recursos genéticos encargados de este proceso, independientemente del tipo de suelo. Nuestros resultados permitirán diseñar estrategias de manejo agrícola que permitan reducir la incorporación de fertilizantes inorgánicos y con esto reducir los cambios físico-químicos del suelo que alteran a los recursos genéticos y modifican los procesos biogeoquímicos.

CS-8

IMPACTO DE LA AGRICULTURA INTENSIVA EN LA DINÁMICA DE NUTRIENTES DEL SUELO EN UN DESIERTO EN EL NORTE DE MÉXICO

García-Oliva Felipe, Tapia Torres Yunuen, Hernández-Becerra Natalí, Beltrán-Paz Ofelia, Morón Cruz Alberto y Chávez-Ortiz Pamela
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tgarcia@cieco.unam.mx

La demanda global de alimentos ha provocado un incremento en la transformación de ecosistemas áridos a sistemas de producción agrícola, lo cual ha generado diversos problemas ambientales, ya que es necesario usar riego y agroquímicos para poder mantener la productividad. El suelo es el componente del ecosistema que es más afectado por estas prácticas, debido a que sufre de degradación física, química y biológica. En el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, el cultivo intensivo con alfalfa amenaza a los ecosistemas, sin embargo existen pocos trabajos que evalúen los efectos de agricultura en el suelo y su nivel de resiliencia. En este trabajo se analizó el efecto del cambio de uso de suelo agrícola en la dinámica de

C, N, P y la actividad microbiana del suelo. Para ello, se trabajó con un gradiente de manejo conformado por tres sitios: un pastizal halófilo considerado como el sitio conservado, unas parcelas agrícolas cultivadas con alfalfa y unas parcelas en estado de abandono por un periodo de 30 años. En estos tres condiciones se analizaron las formas dinámicas de C, N y P (nutrientes disueltos, disponibles y contenidos en la biomasa microbiana), se cuantificó la actividad de eco-enzimas y se determinó la composición de la comunidad bacteriana mediante librerías de clonas del gen que codifica para la subunidad 16S del ARN ribosomal. Así también, se analizó el efecto del uso de herbicida con glifosato sobre la actividad de la comunidad microbiana del suelo. Los resultados muestran que el suelo de la parcela agrícola tiene mayor disponibilidad de agua y carbono orgánico disuelto (COD), condiciones que favorecen los procesos de mineralización mediados por la actividad de los microorganismos heterótrofos. Así mismo, el glifosato afectó negativamente la mineralización potencial de C en el suelo. En cuanto a la degradación de glifosato, un 88% de los microorganismos aislados pudieron utilizar el glifosato como fuente de P, mientras que sólo un 30% pudo utilizar el herbicida comercial, lo que nos indica que gran parte de las bacterias de los suelos agrícolas de Cuatro Ciénegas tienen las herramientas enzimáticas necesarias para mineralizar este compuesto puro, pero son vulnerables a los demás ingredientes que constituyen el herbicida comercial. Por otra parte, los sitios sin manejo agrícola actual, están limitados por agua y COD. En la parcela abandonada, estas condiciones promueven el proceso de nitrificación; mientras que en el sitio conservado, se favorece la inmovilización de N en la biomasa microbiana. Adicionalmente, se identificaron cambios en composición taxonómica de la comunidad bacteriana del suelo a lo largo del gradiente. La composición microbiana fue similar en el sitio abandonado y conservado, mientras que el sitio agrícola fue diferente. Nuestros resultados sugieren que el cultivo de alfalfa induce cambios drásticos en la dinámica de nutrientes y en la composición microbiana del suelo. Sin embargo, con el abandono de la actividad agrícola, algunas propiedades del suelo tienden lentamente a recuperar su estado natural.

CS-9 CARTEL

ELECTROCULTIVO PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y CRECIMIENTO DE PLANTAS DE MAÍZ EMPLEANDO SUPERFICIES MODIFICADAS POR ELECTROFORESIS CON ÓXIDOS DE METALES DE TRANSICIÓN

Acuña Jazmín, Acosta Gustavo, Herrada Rosa
Alhelí, Mondragón Ignacio Eduardo y Bustos Erika
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., CIDETEQU
jchairez@cideteq.mx

El incremento poblacional, así como el crecimiento industrial y otros factores como la disposición inadecuada de residuos peligrosos, provocan a su vez accidentes como fugas, derrames e incendios, han contribuido a la generación de un grave problema ambiental, que trae como consecuencia el deterioro de cuerpos de aire, agua y suelo. En México existe actualmente una gran cantidad de sitios contaminados con diferentes tipos de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, debido principalmente a las actividades de la industria minera y petroquímica, además de la disposición clandestina y derrames de residuos peligrosos. El problema de contaminación de suelo se debe en gran parte al uso inapropiado de recursos como el petróleo y sus derivados, que por descuido llegan a producir derrames en el suelo, además de la falta de conciencia o de conocimiento de las personas sobre el trato de ciertos residuos químicos que afectan en gran medida debido a su composición. El incremento de la población hace que aumente cada vez más la preocupación por el suelo contaminado, esto se debe a que al haber más población por ende se necesita más alimento para dichas personas, y al tener un suelo contaminado se está quitando la posibilidad de aprovechar dicha superficie para el crecimiento de semillas, como lo es el maíz que es una fuente importante de alimento. Debido al grave problema de suelo contaminado, es necesario utilizar técnicas para remediarlo, para esto existen diferentes métodos que pueden ser químicos, físicos físico-químicos o biológicos. El incremento poblacional genera a su vez un problema en cuanto a la disponibilidad de alimentos en el mundo, por lo que es necesario desarrollar y analizar técnicas que permitan el crecimiento eficiente y acelerado de cultivos vegetales, una alternativa es la aplicación de la técnica llamada electro-cultivo, la cual es una opción para la generación de alimentos de calidad. En este trabajo de investigación se desarrolló el electrocultivo para la germinación de semillas y crecimiento de plantas de maíz empleando superficies modificadas por electroforesis con óxidos de metales de transición.

CS-10 CARTEL

CATÁLOGO ILUSTRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES DE LOS CAMPUS CENTRAL Y SUR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

Rascon Colica Almendra
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
almendra.rc90@gmail.com

Presenta: Almendra Rascón Cólica Tutores: Dr. Gilberto Alejandro Ocampo Acosta Biol. Julio Martínez Ramírez Este trabajo surge en respuesta a la necesidad de la comunidad universitaria y de la comunidad en general de tener registro y conocimiento de las plantas cultivadas que se encuentran dentro de campus Central

y Sur de la UAA, de conocer sus características principales, climas en los que se desarrollan, tipos de flores y frutos, utilizando un lenguaje sencillo para describir y poder reconocer las plantas ornamentales encontradas en los sitios de estudio. El objetivo de este trabajo es elaborar un catálogo ilustrado de las plantas cultivadas en los campus Central y Sur de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Éste podrá ser utilizado como herramienta para el reconocimiento de las principales plantas ornamentales presentes en la UAA. Se han encontrado alrededor de 100 especies. Cada especie contiene información de nombre común, nombre científico, descripción, características, origen y sus principales usos. Durante 6 meses se recorrieron ambos campus de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. La colecta de las muestras y fotografías se realizó a la par de la determinación de las especies encontradas. La mayoría de las especies encontradas fueron árboles y arbustos, algunos de ellos frutales. Durante el desarrollo de este trabajo se han encontrado varios ejemplos de especies nativas del estado de Aguascalientes o crecen de manera silvestre que son utilizadas de manera ornamental y que muchas de ellas han sobrevivido o han sido respetadas después del crecimiento de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

CS-11 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS Y SU IMPLICACION GEOTÉCNICA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y SUS CERCANÍAS EN LINARES NUEVO LEÓN

Suárez González Diana Laura, Alva Niño Efraín y Velasco-Tapia Fernando
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
suarezgonzalezdl1001@gmail.com

La Facultad de Ciencias de la Tierra está situada en la Ex Hacienda de Guadalupe, Linares, N.L. México, la cual se ubica geológicamente sobre la Planicie Costera del Golfo, compuesta primordialmente por sedimentos clásticos de rocas sedimentarias, de edad Cretácica y Terciaria. Linares y sus alrededores están situados sobre planicies de inundación, en donde la arcilla se encuentra en abundancia, y esta surge a partir de la agregación de silicatos de aluminio, derivados del proceso de descomposición de distintos minerales. Estos silicatos se encuentran hidratados, y dependiendo de su contenido mineralógico presentan diferentes propiedades. Se han observado daños estructurales en las nuevas instalaciones del plantel y en sus cercanías, lo cual se cree que las arcillas en conjunto con el asentamiento tienen una relación a esto, es por eso que se planean usar métodos tanto geoquímicos y de mecánica de suelos para hacer una caracterización adecuada de las arcillas en el lugar y realmente comprobar si se tiene una relación de las arcillas con los daños como se propone. Las metodologías que se usaron para caracterizar las arcillas fueron del área de mecánica de suelos (pruebas geomecánicas) y la difracción de rayos X, en ellas se obtuvieron distintos resultados positivos, debido a que los difractogramas arrojaron el mineral de la esmectita, lo cual le dio la razón a lo que se infería, ya que se tratan de suelos expansivos a lo largo de la facultad y en sus cercanías. De igual manera en la parte de las pruebas mecánicas realizadas en las muestras, las cuales complementan totalmente a los resultados mineralógicos obtenidos, se encuentran todas las características que deberían presentar los suelos con este tipo de mineralogía y composición. En el área geotécnica se relaciona el asentamiento con el tipo de suelo que se encuentra y normalmente se recomiendan distintos métodos en construcciones ya hechas, estas recomendaciones y más resultados serán presentados en la presentación.

CS-12 CARTEL

EFFECTO DEL MANEJO AGRÍCOLA SOBRE LA DINÁMICA DE CARBONO Y NITRÓGENO EN UN SUELO VERTISOL DEL BAJÍO

Sánchez Ortiz Karla Violeta¹, Tapia Torres Yunuen², John Larsen Jhon¹ y García-Oliva Felipe¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, IIES

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM
kvsanchez@iies.unam.mx

Debido a la demanda agrícola, el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, en suelos agrícolas, se ha incrementando para reemplazar la pérdida de N. Sin embargo el uso intensivo de los fertilizantes sintéticos nitrogenados en la agricultura convencional, afecta negativamente el suelo y por lo tanto el medio ambiente. por lo que se han propuesto alternativas como la agricultura orgánica por ser más amigables con el ambiente. Sin embargo, se necesitan hacer estudios en el suelo para ver cómo el manejo agrícola afecta su dinámica de C y N. Por lo que en esta investigación se evaluó la dinámica del C y N del suelo, en tres sitios con diferente manejo agrícola, una parcela con sistema agrícola convencional con fertilización inorgánica intensiva, otra con agricultura semiorgánica y una parcela agrícola con abandono reciente (2 años). Para cada parcela se caracterizó la dinámica de C y N y la actividad enzimática de NAG y #-Glucosidasa. El suelo del sitio abandonado presentó mayor carbono orgánico disuelto (COD) y nitrógeno orgánico disuelto (NOD), así como también presentó mayor cantidad de carbono total (CT) y nitrógeno total (NT), además del N microbiano y C microbiano. Mientras que la actividad enzimática de la NAG y #-Glucosidasa fue mayor en el suelo del sitio agrícola intensivo, así como también fue mayor el nitrato (NO₃), en comparación con el suelo de la parcela abandonada y la semiorgánica. Estos resultados demuestran que el suelo de la parcela con manejo agrícola intensivo favorece la pérdida de la materia

orgánica del suelo y del N, degradando la dinámica de los compuestos orgánicos del suelo, promoviendo la pérdida de la fertilidad del suelo. Palabras clave: ciclo del nitrógeno, degradación de suelo, nutrientes del suelo, mineralización

CS-13 CARTEL

ESTIMACIÓN DE EROSIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO OMETEPEC

Rendón-Hernández Cristian¹, Torres-Franco Mario¹, Torres-Trejo Edgardo², Valera-Pérez Miguel Ángel² y Ramírez Bautista Kenia Gisselle¹

¹Instituto Tecnológico Superior de la Montaña, ITSM

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
kranki_16@hotmail.com

La cuenca alta del río Ometepe, se encuentra ubicada al sureste del Estado de Guerrero, cuenta con una extensión de 2,436.5 km² y presenta una orografía del 60% de zonas accidentadas, 30% semiplanas y 10% planas. Una de las principales actividades que se desarrollan en la zona son la Agricultura y la Ganadería, éstas se efectúan mediante prácticas inadecuadas, como lo son el cultivo en terrenos con pendientes mayores a 60% y la deforestación para facilitar el pecuario, lo cual favorece la erosión de suelo y por consecuencia la pérdida de fertilidad del mismo. El objetivo del trabajo fue determinar las zonas de riesgo susceptibles de erosión en la cuenca alta del río Ometepe y conocer el grado de afectación de los diferentes tipos de suelo. Para lo cual se utilizó el software Arcview 3.2 que nos permitió analizar la información temática, identificando los tipos de suelo y sus usos, obteniendo como resultado un mapa de erosión de suelos y estimación de la pérdida en ton/ha/año. También se elaboraron mapas de isoyetas, isotermas y evapotranspiración con ayuda de Surefer 9. De acuerdo a lo anterior podemos ver que la parte norte de la zona de estudio presenta un grado muy alto de erosión por lo que se sugieren medidas de conservación de suelos como barreras vivas y barreras muertas para evitar que se siga degradando éste recurso natural.

CS-14 CARTEL

SOFTWARE "SOIL & ENVIRONMENT" UNA HERRAMIENTA PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LOS SUELOS

Bautista Francisco¹ y Gallegos Ángeles²

¹Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

²Skui

leptosol@ciga.unam.mx

Las agencias gubernamentales dedicadas a la protección del medio ambiente a menudo no tienen científicos del suelo, por lo que es necesario generar herramientas fáciles de usar para interpretar las propiedades del suelo en la evaluación de las funciones ambientales de los suelos. El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un software mediante el cual las propiedades del perfil del suelo se convierten en interpretaciones de las funciones ambientales de los suelos. El software de S&E puede ser usado para: a) evaluar las funciones ambientales de los suelos; y b) elaborar escenarios de degradación y conservación basados en el proceso de erosión. Los datos necesarios para operar el software son: espesor de los horizontes, densidad aparente, pedregosidad, carbono orgánico, textura y capacidad de intercambio catiónico, entre otros. Las funciones ambientales del suelo que pueden evaluarse con S&E son: a) selección de los mejores sitios para la construcción de viviendas considerando su poder amortiguador de contaminantes, tales como metales pesados y sustancias orgánicas; b) selección de los suelos adecuados como hábitat para la flora y la fauna silvestres; c) selección de los sitios para la recarga del acuífero; d) identificar los suelos que almacenan más carbono orgánico contribuyendo a reducir el cambio climático; e) identificar los suelos con importancia arqueológica (historia humana, como templos o edificios antiguos); f) apreciar los suelos de importancia geológica (historia de la tierra, como suelos con huesos de animales prehistóricos, suelos con evidencia de fondos marinos antiguos, etc.); y g) identificar los suelos con mayor aptitud para la producción de alimentos. Los resultados de evaluación de las funciones ambientales y los modelos predictivos pueden presentarse mediante gráficos. La exportación de información tabular y gráfica es posible, así como los datos de referencia espacial en el SIG. Interfaz amigable para la entrada y salida de datos, y la gestión de las bases de datos está diseñada para los usuarios que no conocen el lenguaje de consulta SQL.

CS-15 CARTEL

APP SOIL CALCULATOR

Bautista Francisco

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
leptosol@ciga.unam.mx

The Soil Calculator app has a database to store the properties of the soil, the data that can be registered and stored in the app are: a) profile information (profile name, geographic location, weather, photography and Site observations); b) basic properties (number and name of horizons, depth, aggregate stability, volume of coarse fragments, bulk density, textural class and pH); and c) auxiliary properties (nitrogen, carbon, K₂O, P₂O₅, cation exchange capacity, NO₃-, field capacity and permanent wilting point). Soil Calculator offers aids to the user to capture the

basic properties of the soil; these aids were created based on the guidelines for the description of soils in the field of FAO and the USDA. Soil Calculator allows calculations at the soil profile level for the amount of fine earth, organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, cation exchange capacity and nitrates in units of weight per unit area, either per hectare or square meter. It also offers the conversion of units between the International System and the English System. Soil Calculator is a tool for professionals related to the study of soils, such as farmers, foresters, urban planners, agricultural entrepreneurs, architects, experts and non-experts in the soil science. Soil calculator is available for free download in the Play Store.

CS-16 CARTEL

GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS ASOCIADOS A TERRAZAS AGRÍCOLAS PREHISPÁNICAS EN MALACACHEPEC MOMOXCO EN EL SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO

Celedón Muñoz Héctor¹, McClung de Tapia Emily², Mora Lucy³ y Rodríguez Mónica⁴

¹Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

²Laboratorio de Paleobotánica y Paleoclima, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Departamento de Edafología, Instituto de Geología, UNAM

⁴Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM
chimalli1964@yahoo.com.mx

En el México antiguo, la necesidad del cultivo como una estrategia de sobrevivencia de los pueblos asentados en la Cuenca de México, provocó que se habilitaran terrenos que no tenían las características adecuadas para un uso agrícola, esos terrenos eran las zonas de montaña con una gran variedad de geoformas. De acuerdo a Boreja, et al. (2008), las pendientes o geoformas terrazadas han sido reconocidas como uno de las tres formas de agricultura intensiva, consideradas por los habitantes del Mesoamérica. Las otras dos fueron las chinampas y los canales de irrigación además de los cultivos permanentes de terrenos especiales que se puede traducir como los huertos familiares. (Rojas, 2014) El caso de Malacachepec Momoxco hoy Milpa Alta que durante la época prehispánica era una región bajo dominio mexica (Gibson, 1984), es un ejemplo de esas modificaciones a la geomorfología para la elaboración de distintos tipos de terrazas agrícolas en la parte central de la Sierra de Chichinautzin en el sur oriente de la Cuenca de México. Estas áreas modificadas responden a las características definidas por Donkin (1979) y Smith y Price, (1994), que señalan como el objetivo principal de esas modificaciones a las geoformas, el incrementar la productividad agrícola. Es decir, proporcionar una superficie plana para el cultivo, para que a través de un aumento en la acumulación de suelo, del control de la erosión y lavado rápido del mismo y del cuidado del agua se obtuvieran mayores cosechas de vegetales alimenticios como el maíz entre otros (Rojas, 2014). En un contexto general, estas construcciones, tienen que ver con la historia de la Cuenca de México en cuanto al manejo que sus antiguos habitantes han hecho en ella. Es muy importante saber por qué y para qué realizaron estas estupendas obras de producción de alimentos que hasta hoy en día continúan en uso agrícola en la producción de nopal y maíz. Si respondieron a una situación de presión de producción de alimentos por aumento en la densidad de población o por otras causas relacionadas con situaciones más locales. Para acercarse a una idea general sobre la historia de estas construcciones, es importante conocer las características del paisaje, edades de las terrazas y el desarrollo de suelo como documento natural de la localidad. Este trabajo muestra el análisis de la morfología de terreno y sus distintas unidades de paisaje, asociadas a los diferentes tipos de terrazas prehispánicas y las características de su suelo, en una zona de Malacachepec Momoxco. La localidad se ubica en las inmediaciones del volcán Tehutli, en donde domina el paisaje con derrames volcánicos de diferente edad. Palabras clave: Terrazas prehispánicas, suelos y geomorfología. Proyecto: PAPIIT-IG400217 "Impacto humano en el área de Xochimilco durante los últimos 8,000 años".

CS-17 CARTEL

EFFECTO DEL GLIFOSATO EN LA OCLUSIÓN DE FÓSFORO EN SUELOS CON DIFERENTE MANEJO AGRÍCOLA DEL VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS, COAHUILA

Chávez-Ortiz Pamela¹, Tapia Torres Yunuen² y García-Oliva Felipe¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, IIES

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, ENES
pchavez@cico.unam.mx

El glifosato es uno de los herbicidas con mayor demanda a nivel mundial, cuya molécula se caracteriza por tener un enlace directo carbono-fósforo (C-P), el cual es más estable que el de otras moléculas orgánicas que contienen P (i.e. ésteres de fosfato) y le confiere más resistencia a la degradación. La mineralización del glifosato en el suelo, depende de su biodisponibilidad, la cual a su vez depende del comportamiento del glifosato con las partículas de suelo que fácilmente se ocluye en la matriz del suelo. El glifosato posee características únicas de adsorción en suelo debido a los tres grupos polares que contiene (grupo carboxilo, amino y fosfonato). La fracción de ácido fosfónico de la molécula del glifosato, facilita la oclusión de este herbicida con las arcillas y los hidróxidos, y su carga negativa le da afinidad con cationes trivalentes (Al³⁺ y Fe³⁺) y cationes divalentes (Ca²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺), teniendo un comportamiento de adsorción similar a la adsorción del fósforo inorgánico (Pi), por lo que estas moléculas pueden competir por los mismos sitios de

oclusión en el suelo. Sin embargo, el Pi suele desplazar al glifosato de estos sitios de adsorción, dejándolo más móvil en el ambiente. Esto es importante dado que el uso actual desmedido de los fertilizantes fosfatados junto, con la aplicación de herbicidas con glifosato, conlleva a un aumento del P disponible en suelos agrícolas, que disminuye la fuerza de oclusión del glifosato en el suelo. El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto del glifosato y un herbicida comercial en la oclusión de fósforo en dos sitios con diferente manejo agrícola (invernadero de nopal y una parcela abandonada). El muestreo se llevó a cabo en el ejido de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Se cuantificaron nitrógeno (N) y fósforo (P) en sus formas disponibles, carbono (C), N y P disueltos y en biomasa microbiana para caracterizar la dinámica de nutrientes de ambos sitios. Se llevó a cabo un experimento de oclusión de P utilizando tres diferentes niveles de fertilización y un control, además de los tratamientos con glifosato grado analítico, un herbicida comercial y un control sin ambas sustancias. Los resultados mostraron diferencias significativas entre sitios en la caracterización biogeoquímica, y también diferencias significativas en la oclusión de P entre sitios. Fue significativa la interacción sitio*fertilización, donde hubo mayor oclusión de P en el invernadero de nopal con la mayor concentración de fertilización y también la interacción fertilización*tratamiento, donde el herbicida comercial disminuyó la oclusión de P en las muestras con mayor fertilización, además de que la oclusión fue más lenta con este tratamiento. El efecto del herbicida en la oclusión de P, se le atribuye a los demás compuestos dentro de la formulación del producto, como son los surfactantes, ya que se ha encontrado que estos pueden afectar la movilidad de diferentes plaguicidas en el suelo, aumentando su adsorción y promoviendo mayor competitividad del glifosato con el P inorgánico por los sitios de adsorción en el suelo.

CS-18 CARTEL

DIAGNÓSTICO EN EL USO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS: UN ENFOQUE EXPERIMENTAL

Morón Cruz Alberto¹, Tapia Torres Yunuen¹ y García-Oliva Felipe²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, IIES
jamoron@cieco.unam.mx

Uno de los nutrientes que es limitante en el suelo y de uso común en los fertilizantes es el fósforo (P), elemento finito y no renovable, y esencial para la vida. Sin embargo, debido a que el P es altamente reactivo, las plantas utilizan menos del 20% del P aplicado al suelo, y el resto puede quedar oculto en partículas de suelo o puede lixiviarse causando grandes problemas de eutrofización, por lo que es necesario emplear técnicas agrícolas alternativas a las actuales, que busquen el reciclamiento del P en el suelo, ya que se estima que este elemento puede agotarse en un periodo de 80 años. El presente proyecto tiene como objetivo analizar bajo un enfoque experimental, el efecto del manejo agrícola (sostenible e intensivo convencional) en la dinámica del P en un suelo de origen volcánico en el centro de México. Se realizó la colecta de suelo en un sitio con manejo agrícola, un sitio abandonado con historial de manejo agrícola intensivo y en un sitio conservado (bosque de encino) en Avándaro Edo. de México. Se realizaron análisis biogeoquímicos y enzimáticos con la finalidad de caracterizar los cambios que se presentan con el cambio de uso de suelo. Las variables analizadas fueron utilizadas para determinar índices de resistencia y resiliencia. Además se realizaron análisis de fraccionamiento de P para los sitios con manejo agrícola y en el sitio conservado. Los resultados de la caracterización inicial, indican que el nutriente limitante en la zona es el P, además de que las prácticas de agricultura sostenible favorecen los procesos de disponibilidad de N inorgánico lo cual favorece a los cultivos y a la inmovilización de P por parte de los microorganismos. Los índices de resiliencia y resistencia nos confirman la vulnerabilidad que tiene el sistema entorno al elemento P, las variables que mostraron ser más vulnerables a las prácticas de cambio de uso de suelo son las enzimas fosfodiesterasa, fosfonatasa y fósforo inmovilizado en biomasa microbiana. Los resultados del fraccionamiento de P nos dicen que el sitio conservado cuenta con un alto porcentaje (56%) de P oculto en minerales secundarios (superficies de óxidos de aluminio y hierro) con respecto al P total extraído, para el sitio agrícola la técnica de fraccionamiento nos dice que las prácticas de manejo agrícola empleadas no favorecen a la disponibilidad de P en el sitio si no que están favoreciendo a la oclusión de P en minerales primarios que son extraídos con ácido clorhídrico (fosfatos estables unidos a calcio).

CS-19 CARTEL

EVALUACIÓN MICROMORFOLÓGICA DE SUELOS QUEMADOS EN UN BOSQUE DE PINO DE LA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO

Díaz-Ortega Jaime¹, Ruiz-Rojas María del Mar², Quintero-Gradilla Shatya², Solleiro Rebolledo Elizabeth³, Sedov Sergey³, Merino Agustín⁴ y Chávez Vergara Bruno Manuel⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Universidad de Santiago de Compostela
biotic08@gmail.com

En los ecosistemas forestales y agrícolas, el fuego es un agente de perturbación con impacto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El

impacto sobre la microestructura del suelo ha sido poco estudiado a la fecha y esta resulta relevante ya que determina entre otros procesos el movimiento del agua y su susceptibilidad a ser erosionado. El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto del fuego sobre la micromorfológica del suelo de un bosque de pino de la Sierra de Manantlán, Jalisco. Se colectaron muestras inalteradas de suelos afectados con diferentes grados de severidad (evaluada visualmente) después de un evento de quema prescrita y antes de la primera lluvia. Las muestras se impregnaron con una resina poliéster, posteriormente cortadas en sección vertical, pulidas en seco con carburo de silicio y pegadas con resina locite de curado UV. Finalmente, fueron cortadas y pulidas hasta obtener un grosor de 30µ. Las láminas fueron digitalizadas en alta resolución y procesadas con el programa Image Pro Plus 5.1. Se determinó el área y patrones micromorfológicos de poros, agregados y del frente de alteración vertical, el análisis petrográfico se realizó con un microscopio Olympus BX51. Los cambios por efecto de quema se presentaron en promedio a 1.5 centímetros de profundidad, donde se observan cambios en el tamaño de agregados y en la coloración de negro a pardo rojizo. Los agregados en el área quemada presentan un 81.7% afectación, mientras que los agregados por debajo de los 2 cm presentan una afectación de tan sólo 6.8 %. En los suelos más afectados disminuyó la porosidad, y se observa la formación de carbonatos micríticos asociados a la ceniza. En las láminas también se observan agregados con evidencia de quema por debajo de los 2 cm los cuales son producto de que más anteriores.

CS-20 CARTEL

EDAFOSSEDIMENTOS EN EL VALLE TRES MEZQUITES, MICHOACÁN Y SU RELACIÓN CON EL ABANDONO DE HABITACIONES EN ÉPOCAS PRE-HISPÁNICAS

Beltrán-Paz Ofelia, Solleiro Rebolledo Elizabeth, Sedov Sergey y Díaz-Ortega Jaime
Instituto de Geología, UNAM
ofe.ivet@gmail.com

El Valle Tres mezquites ha cobrado interés debido a los hallazgos de ocupaciones del periodo preclásico y clásico temprano de la civilización Purépecha. Recientemente se ha demostrado que en el valle ocurrieron diferentes episodios sedimentarios, lo que ha dado origen a diferentes sucesiones con registro paleoambiental. El objetivo del presente trabajo es determinar el origen de depósitos edafosedimentarios en un asentamiento prehispánico del Valle de Tres Mezquites, Michoacán. Dichos edafosedimentos se encontraron dentro de las habitaciones de una casa del Clásico. Para definir la relación de los edafosedimentos con el entorno, se estableció una catena dentro del Valle donde abrieron tres calicatas y se realizó la descripción morfológica en campo y se colectaron muestras de cada uno de los horizontes para análisis químicos, físicos y micromorfológicos. Los resultados obtenidos de los horizontes superficiales muestran que el perfil ladera, punto más alto de la catena, es un suelo vértico donde se encontraron artefactos y rasgos de alteración por manejo agrícola y el horizonte subyacente presentó concreciones de carbonatos y una menor perturbación por actividades agrícolas. El punto medio de la catena presenta un horizonte A con abundante materia orgánica mientras que el horizonte AB presenta vetas de carbonatos, un notable aumento de la predregosidad, pero ninguno de los dos presenta rasgos de alteración por actividades antrópicas. El perfil Trinchera, punto más bajo, no se determinó rasgos de alteración antrópica antigua solamente los rasgos característicos de un Vertisol bien desarrollado (fracturas de configuración vértica y slickensides). Dadas las afinidades de los edafosedimentos de la casa con los suelos de la catena alta, se considera, preliminarmente, que proceden de los puntos altos. La pregunta adicional a responder es si éstos fueron movilizados por eventos naturales o usados por los antiguos habitantes durante la ocupación.

CS-21 CARTEL

EL PROCESO DE MELANIZACIÓN EN SUELOS DE VERACRUZ: PROCESOS NATURALES VS ANTROPOGÉNICOS

Cabrera Vázquez Yunier, Solleiro Rebolledo Elizabeth, Chávez Bruno y Díaz Jaime
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ycabrera1983@gmail.com

El suelo es un recurso natural de gran dinámica que se puede degradar con facilidad, enfrentándose a constantes cambios y transformaciones, que quedan registradas en las propiedades del mismo. Dentro de las que más resaltan en el suelo y brindan gran información está el color o tonalidad, ya que se relaciona con los diferentes componentes minerales y orgánicos. Particularmente, la melanización es el proceso que se refiere al oscurecimiento de los horizontes superficiales y en ocasiones subsuperficiales del suelo, debido a mecanismos como la transformación de restos orgánicos frescos en formas más complejas, donde los microorganismos juegan un rol importante. Este oscurecimiento puede ser más o menos intenso según domine la mineralización o la humificación. En suelos bajo uso agrícola, se ve favorecida la mineralización, por lo que el oscurecimiento es menor que en las áreas de gran vegetación natural. La melanización puede presentarse naturalmente debido a la presencia y transformación de materiales o minerales de origen volcánicos como es el alofano, que estabiliza compuestos orgánicos y no permite su descomposición. Otro mecanismo de oscurecimiento es por aporte externo y artificial de fuentes orgánicas o desechos al suelo (terra preta). En Veracruz, en suelos cultivados por caña, se tienen suelos con coloración más oscura que los suelos rojos de

las parcelas con las cuales colinda y que caracterizan la región. Por lo que en la presente investigación se describieron cuatro perfiles en la zona de estudio, tomando muestras con las que se realizaron análisis micromorfológicos, materia orgánica, pH, textura, susceptibilidad magnética, para definir las causas de la melanización que presentan y determinar si su origen está dado por la presencia de minerales de origen volcánico o por la acción antrópica claramente visible en esta parcela, por presencia de fragmentos de cerámicas, carbón y el uso del suelo. Los resultados preliminares apuntan a que dichas características son el resultado de causas tanto naturales como antrópicas siendo esta última la de mayor influencia en el área de estudio.

CS-22 CARTEL

LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA ESPECÍFICA COMO UN INDICADOR DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL CARBONO POR LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO

Beltrán-Paz Ofelia¹, Choroño-Parra Eduardo², Nava-Arsola Edith²,
Rodríguez-Bustos Laura³ y Chávez Vergara Bruno Manuel¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM
ofe.ivette@gmail.com

Los microorganismos del suelo secretan exoenzimas que les permiten reducir estructuralmente y asimilar las moléculas orgánicas para suplir sus necesidades de carbono y nutrientes. La actividad enzimática ha sido empleada como un indicador de la actividad microbiana. Sin embargo, esto considera múltiples supuestos, por ejemplo: no se cuantifica la cantidad de enzimas, no se considera la capacidad de la interacción con compuestos orgánicos y/o minerales que puedan proteger o inactivar temporalmente la catálisis regulada por las enzimas. Por lo anterior, creemos que es necesario proponer métodos para estandarizar la actividad de las exoenzimas para aportar información de interpretación más sencilla y emplearse como un indicador de la eficiencia del uso del carbono por la comunidad microbiana. El objetivo del presente trabajo es: evaluar la consistencia de la actividad enzimática específica como un indicador de la eficiencia en el uso de carbono y nutrientes por las comunidades microbianas del suelo. El grupo de trabajo ha desarrollado diferentes investigaciones donde se ha buscado evaluar el efecto de la perturbación sobre los suelos, cada trabajo se ha desarrollado en un contexto particular, pero los mismos parámetros han sido considerados, se determinaron la concentración del carbono en la biomasa microbiana mediante el método de fumigación y extracción y la actividad de las exoenzimas α -glucosidasa y polifenol oxidasa, las cuales están relacionadas con despolimerización de diferentes fuentes de carbono. Con estos datos se calculó la actividad enzimática específica (AEE) como el cociente entre la actividad enzimática sobre la concentración de C en biomasa microbiana. En todos los casos determinamos que los valores de la AEE reflejan el compromiso de los microorganismos entre inmovilizar C en su biomasa o gastar energía en la búsqueda de recursos. Esto último fue consistente ya que, en los suelos en sitios perturbados, con manejo intensivo, con enmiendas pobres en materia orgánica lábil o con aporte de residuos orgánicos de baja calidad, la AEE presentó valores estadísticamente más altos que sus contrapartes con condiciones favorables de disponibilidad de C para la comunidad microbiana. Por lo cual, con base en los datos generados, consideramos que la AEE puede ser un indicador sobre la eficiencia del uso de carbono por la comunidad microbiana.

CS-23 CARTEL

FORMACIÓN DE SUELOS EN SEDIMENTOS LACUSTRES DE RECIENTE DESECACIÓN EN LA CUENCA DE MÉXICO

Bautista José Manuel y Siebe Grabach Christina
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
josemanuel_bg8@hotmail.com

En 1325 las partes bajas de la cuenca de México se encontraban cubiertas por cinco lagos. Los tres lagos ubicados al norte eran de aguas salobres (Zumpango, Xaltocan y Texcoco), mientras que los dos ubicados al sur eran de agua dulce (Chalco and Xochimilco). Frecuentes inundaciones durante la época de lluvia motivaron la construcción de diques en la época prehispánica y de obras de drenaje para desaguar a la cuenca vecina en la época de la Colonia que siguen expandiéndose en la actualidad. En 1629 se construyó el Tajo de Nochistongo, en 1900 el primer Túnel de Tequisquiác y en 1976 el Emisor Profundo. En la actualidad está en construcción el Túnel Emisor Oriente. Todas estas obras han llevado a la desecación de los lagos. Con base en mapas históricos seleccionamos sitios dentro de las planicies lacustres de los lagos de Zumpango y Xaltocan que han estado expuestos por periodos de tiempo distintos a la pedogénesis. Se presentarán los resultados de rasgos pedológicos observados en campo en 6 perfiles de suelo ubicados en un gradiente altitudinal de 2235 a 2241 m. También se presentan datos de propiedades físicas, químicas y rasgos micromorfológicos. Los datos permiten establecer los tiempos característicos de los procesos de lavado de sales solubles, formación de agregados, acumulación de materia orgánica e incluso iluviación de arcillas fomentada por la alta saturación de sodio. No obstante su edad reciente (40 a 500 años), los suelos estudiados muestran evidencia de procesos pedogenéticos.

CS-24 CARTEL

UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS FÚNGICAS EN PARCELAS CULTIVADAS CON NOPAL VERDURA, EN SAN NICOLÁS TETELCO, CIUDAD DE MÉXICO

Reyes Hernández Omar, Castellanos-Moguel Judith, Cano Flores Oscar, Miranda-Calixto Arturo, Molina Morales Mayra, Alvarado Arconada Georgina y Vela Correa Gilberto
Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, UAM-X
michel_ohr@live.com.mx

El cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus indica*) es una de las actividades agrícolas más importantes en la delegación de Tláhuac en la Ciudad de México (CDMX). Sin embargo, su manejo agronómico es diverso ya que se utilizan varios tipos de fertilizantes y el composteo puede influenciar la comunidad fúngica, lo que se refleja en la calidad de los cladodios al momento de su cosecha. El objetivo de este trabajo fue aislar e identificar los hongos filamentosos asociados a *Opuntia ficus indica* en parcelas cultivadas con nopal verdura en San Nicolás Tetelco. Se tomaron muestras de suelos en seis parcelas a una profundidad de 0 -10 cm., así como en la zona de la rizosfera. También, se tomaron muestras de la rizosfera de nopales silvestres (*Opuntia streptacantha*) que fueron utilizadas como testigo. Los aislamientos de los hongos se realizaron mediante la técnica de placas de Warcup modificada, se incubaron durante 7 a 11 días a 28 °C y se cuantificaron las unidades formadoras de colonias (UFC) y se determinó con el uso de claves dicotómicas los géneros fúngicos y se empleó la escala de Yadav y Madelinn, para detectar los géneros más abundantes. En total se aislaron 5,396 UFC, con una mayor cantidad de UFC se obtuvo a los 10 cm en comparación con la rizosfera, entre los hongos más comunes se aislaron *Periconia*, *Mucor*, *Absidia*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Así como a una gran cantidad de levaduras. La diversidad de hongos es dependiente del origen, cantidad y calidad de fertilizantes.

CS-25 CARTEL

RESPIRACIÓN DE SUELO UN CULTIVO DE TRIGO BAJO CONDICIONES EXPERIMENTALES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Olivas-Castillo Claudia J.¹, Yepez Enrico A.¹, Garatuza Payán Jaime², De los Santos-Villalobos Sergio^{1,2}, Vega-Puga Masuly¹,
Argente-Martínez Leandris¹, Rivera-Díaz Miguel A.¹ y Arredondo José Tulio³

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²CONACYT

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
claudia.3010@hotmail.com

El manejo intensivo de cultivos básicos provoca altas emisiones de gases de efecto invernadero de los suelos agrícolas pero se desconoce si estas emisiones podrían exacerbarse o atenuarse en escenarios de cambio climático global. En este trabajo se realizó una manipulación experimental de temperatura aumentando entre 1.5 y 2 °C la temperatura del dosel de un cultivo de trigo en el Valle del Yaqui. Se instalaron seis parcelas de trigo con calentadores y seis en parcelas control en condiciones normales. Para aumentar la temperatura, en cada parcela se instalaron 6 radiadores térmicos de 1000W de potencia en un ángulo de 45° y una altura de 1.20 m sobre el dosel para mantener un área efectiva de calentamiento de 3 m de diámetro. La temperatura del dosel se monitoreó con radiómetros infrarrojos colocados en un tubo con un ángulo de 45° y altura de 1.20 m sobre el dosel en el vértice la estructura triangular de soporte. El control de temperatura se realizó con una consola de control la cual se encargó de enviar la señal para regular la corriente de un dimmer encargado de regular los radiadores. Durante todo el ciclo agrícola (diciembre-abril), se realizaron mediciones de respiración de suelo (Rs) en cada etapa fenológica con un sistema de cámara dinámica cerrada y un analizador de gases en infrarrojo portátil. El mayor flujo se presentó en la fase fenológica del llenado de grano (ca.5 a 6.0 $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ya que en esta fase se presentó el mayor porcentaje de humedad en el suelo. Notablemente, durante la fase de encañado las parcelas de temperatura mostraron un flujo de CO_2 mayor, posiblemente debido a que la temperatura exacerbó el crecimiento vegetativo del cultivo resultado en mayores tasas de respiración en la planta. Sin embargo, durante la fase fenológica de llenado de grano, la Rs fue mayor en las parcelas de control. Las menores tasas de respiración registradas durante el llenado de grano en las parcelas de temperatura podrían explicarse debido a menor contribución de la respiración de raíces siendo que la demanda energética de la planta para la reproducción es mayor en esta etapa y las condiciones de temperatura elevada representarían estrés en el cultivo. Esta disminución concuerda con las menores tasas fotosintéticas registradas en la planta durante esta etapa fenológica. Destaca que la pérdida total de C durante los 5 meses del ciclo agrícola en las parcelas de control y de temperatura fue similar, con ca 0.5 kg C m⁻². Esfuerzos futuros están encaminados a comprender la dinámica del N en la rizosfera del cultivo de trigo bajo las mismas condiciones experimentales de temperatura.

CS-26 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS Y UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS FUNGICAS EN SITIOS REFORESTADOS CON EUCALYPTUS SP., EN LA SIERRA DE GUADALUPE, CENTRO DE MEXICO

Miranda-Calixto Arturo¹, Molina Morales Mayra¹, Reyes Hernández Omar¹, Rodríguez-Gamiño María de Lourdes², Castellanos-Moguel Judith¹, Vela Correa Gilberto¹ y López-Blanco Jorge³

¹Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, UAM-X

²Facultad de Filosofía y Letras, UNAM - Sistema de Universidad Abierta, SUA

³Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC
artemc.13@gmail.com

La Sierra de Guadalupe es un complejo de origen volcánico, la cual se considera como el último reducto de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación al norte de la Ciudad de México. La vegetación de la sierra se caracteriza por una comunidad arbórea basada en plantaciones de *Eucalyptus* spp. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los suelos en cinco sitios reforestados con *Eucalyptus* spp., determinar las UFC y géneros fúngicos dominantes. Se determinó la humedad del suelo, densidad aparente y real, porosidad, textura, color, pH del suelo se estimó en una relación 1:2.5 en H₂O, la materia orgánica, CIC, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺ intercambiables, mientras que el aislamiento de hongos se realizó por el método de placa de Warcup modificado (Mier et al, 2002) e incubado a 26 – 28 °C durante 3 - 5 días. Las UFC fueron cuantificadas y los géneros fúngicos se determinaron de acuerdo con la macro y micromorfología, descrita en las claves dicotómicas de Barrón (1968), Barnett & Hunter (1972) y Von Arx (1981). Los resultados mostraron que los suelos reforestados con *Eucalyptus* spp, son pedregosos, de textura franco-arenosa, con un elevado contenido de materia orgánica, ligeramente ácidos y una CIC alta, siendo los cationes dominantes el Ca²⁺ y Mg²⁺, aunque presentan un bajo volumen de mantillo y los macro y mesoagregados son inestables. Las UFC tuvieron un rango de 1.1 X 10³ a 4.1 X 10³ por gramo de suelo, identificándose como géneros dominantes: *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Dinemasporium* sp. y *Periconia* sp.

CS-27 CARTEL

LA CALIDAD DEL CARBONO SECUESTRADO EN SUELOS CON PLANTACIONES DE CAFÉ EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS

Martínez Herrera Yael Dacil¹, Fuentes Andrade María del Socorro¹, Ticante Roldán José Antonio² y Valera-Pérez Miguel Angel²

¹Maestría en Recursos Naturales y Ecología, Universidad Autónoma de Guerrero

²Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
yael_dacil@hotmail.com

El sistema agroforestal es el ambiente ideal para el cultivo del café al combinar diferentes estratos vegetales en su estructura, siendo un excelente sumidero ambiental de carbono. Los sistemas de producción considerados en este trabajo son el rusticano o de montaña, el jardín de café, el policultivo comercial, el monocultivo bajo sombra y el cafetal a cielo abierto, en los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Puebla. Con respecto al concepto de Calidad de Carbono Secuestrado en suelos, resulta del hecho de que los modelos bio-geoquímicos sobre el ciclo del Carbono requieren de la evaluación, no sólo de la cantidad total, sino también de la naturaleza, origen y resiliencia de la materia orgánica secuestrada. Características cualitativas de las formas en que se ha estabilizado el Carbono en los suelos y que se denominan como Calidad del Carbono Secuestrado. Los objetivos del trabajo fueron: analizar los cambios cualitativos de los ácidos húmicos en función del sistema empleado para el cultivo del café y considerar al Grado de Humificación, Índice Melánico y Umbral de Coagulación como propiedades indicadoras de Calidad de Carbono Secuestrado en Suelos. Para ello se identificaron los cinco sistemas agroforestales y los tipos de vegetación de los agroecosistemas, se tomaron muestras de suelo superficial de cada sitio. Las muestras de suelo fueron caracterizadas con base en la NOM-021-SENARNAT-2000. Se caracterizaron los ácidos húmicos del suelo considerando las técnicas analíticas vigentes. La caracterización consistió en su extracción por medio de la técnica Kononova para la posterior determinación del Grado de Humificación, del Índice Melánico y del Umbral de Coagulación. Se concluyó que sí ocurren cambios cualitativos en los ácidos húmicos en función del sistema empleado. El Grado de Humificación, Índice Melánico y Umbral de Coagulación, son propiedades indicadoras de Calidad de Carbono Secuestrado en Suelos. Los sistemas agroforestales que conservan mejor las características del suelo forestal son el rusticano y el jardín de café. El sistema agroforestal que está provocando una degradación biológica del suelo es el de cafetal a cielo abierto.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores:

Cuauhtémoc Turrent Thompson
Ruth Cerezo Mota

CCA-1

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE SERIES DE TIEMPO IMPLICADAS EN LA CONTAMINACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Silva Quiroz Rafael, Ordóñez Pérez Paulina, Rivera López Ana Leonor y Gay Carlos
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 sqrt@icloud.com

Se estudian series de tiempo de variables meteorológicas y de contaminantes atmosféricos en la zona metropolitana de la Ciudad de México mediante el algoritmo multivariado de espectro singular (MSSA), con la finalidad de encontrar relaciones entre tendencias y periodicidades en común que no son fácilmente detectadas mediante métodos univariados. De la descomposición de las series de tiempo y las tendencias encontradas mediante este algoritmo se propone estudiar la Oscilación de Madden Julian y su relación con la sequía de medio verano en el valle de México. Las series de tiempo bajo estudio contemplan las variables meteorológicas temperatura (T), humedad relativa (RH), rapidez del viento (WSP), así como variables asociadas con contaminantes atmosféricos: ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas suspendidas (PM₁₀). La extensión de las series es de 147576 horas, abarcando 16 años de datos de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

CCA-2

PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Camacho González Pablo¹, Zavala-Romero Olmo², Hernández Vargas Gisell³, Romero-Centeno Rosario² y Osorio-Tai María Elena²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 pablopcg1@ciencias.unam.mx

La Ciudad de México sufre de altos niveles de contaminación atmosférica que diariamente afecta la salud de su población. Una manera de mitigar los efectos de la mala calidad del aire es contar con sistemas de pronóstico que permitan alertar a la sociedad de las actividades que pueden afectar su salud. Asimismo, los sistemas de pronóstico permiten que el gobierno pueda realizar contingencias ambientales con anticipación para reducir el número de eventos extremos de mala calidad del aire. El uso de las redes neuronales artificiales ha ido en aumento en años recientes gracias al denominado aprendizaje profundo o Deep Learning. Originalmente, las redes neuronales artificiales se basan en fundamentos biológicos y hoy en día se emplean en múltiples áreas como el reconocimiento de patrones, predicción del mercado financiero, conducción automática, etc. Este trabajo consiste en un sistema de pronóstico de calidad del aire, utilizando una red neuronal artificial, para predecir el nivel de ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas suspendidas menores a 10 micrones (PM₁₀), en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México para las próximas 24 horas. La red neuronal se entrena con información histórica de la RAMA e información meteorológica de un reanálisis de 20 años, realizado con el modelo para el pronóstico y la investigación del clima (WRF por sus siglas en inglés). La red neuronal está desarrollada con la paquetería de TensorFlow y está diseñada para ser entrenada de forma eficiente en las tarjetas de video de propósito general o GPU.

CCA-3

EVIDENCIA DE FORMACIÓN Y CRECIMIENTO DE PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Caudillo Murillo Lucía, Peralta Oscar y Castro Telma
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 lucia_caudillo@hotmail.com

Las partículas suspendidas en el aire representan uno de los más grandes problemas de contaminación en la Ciudad de México, estudios recientes han mostrado que las partículas ultrafinas (con diámetros menores a 0.1 µm) están relacionadas con enfermedades cardiovasculares (Harrison et al., 2000). Por lo tanto es de especial interés estudiar esta fracción, la cual es preferentemente evaluada por la concentración numérica. La concentración numérica puede ser calculada a partir de la distribución de tamaño propiedad que permite indagar sobre los procesos que llevan a la transformación de unas en otras, su dinámica y su influencia en el ambiente. El presente trabajo muestra los resultados de la medición de la distribución de tamaño de partículas entre 10 nm y 400 nm en la Ciudad de México, utilizando un Clasificador Electrostático y un Contador de Partículas de Condensación. En esta investigación se reportan 3 casos de estudio: el primero es sobre la formación de nuevas partículas asociado a un fenómeno de conversión gas - partícula debido a altas concentraciones de SO₂. El segundo reporta el crecimiento de partículas ultrafinas en las horas centrales del día correlacionado fuertemente con la radiación solar y el ozono sugiriendo que este crecimiento es resultado de procesos secundarios en la atmósfera. En el último caso de estudio se identificaron dos tipos distintos de partículas ultrafinas, primarias provenientes

de fuentes de combustión y secundarias. Las distribuciones se obtuvieron en la Estación de monitoreo RUOA del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

CCA-4

SISTEMA PARA LA MODELACIÓN DE LA INHALACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM_{2.5}) A NIVEL DE CALLE

Hernández Paniagua Iván Yassmany¹, Zavala Reyes Juan de la Cruz¹, López Ramírez Pablo², Diego Ayala Ulises³, Rosas Pérez Irma¹ y Jazcilevich Aron¹
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
³Arian International Projects
 iyassmany@hotmail.com

Estudios epidemiológicos han revelado asociaciones entre los niveles de material particulado PM_{2.5} en el ambiente con efectos adversos en los sistemas respiratorio y cardiovascular. En áreas urbanas, los vehículos automotores son una fuente significativa de emisiones de PM_{2.5}, lo que representa un riesgo potencial para la salud de la población que se mueve cerca a los arroyos vehiculares. Para evaluar la exposición poblacional a nivel de calle a PM_{2.5} se propone la integración de un sistema computacional: modelo de tráfico, simulador vehicular, modelo de transporte atmosférico y un modelo de inhalación. Resultados preliminares sugieren que el factor dominante sobre los periodos de exposición poblacional es la actividad física, los cuales varían entre 460 s y 114 s para las actividades evaluadas. Incrementos en los flujos vehiculares y en las emisiones de PM_{2.5} durante las horas pico matutina y vespertina, resultan en un incremento en la inhalación de PM_{2.5} de hasta 600% acorde con el escenario base. Globalmente, las tasas de inhalación de PM_{2.5} se correlacionan positivamente con las actividades físicas y la demanda de oxígeno y, en menor medida, con el flujo vehicular.

CCA-5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO INVESTIGANDO CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, MÉXICO

Sánchez Díaz Silvia, Sánchez Gómez Rubén y Ramírez Mora Emilio Leonardo
Universidad de Guadalajara, UdeG
 silviasandi@profesores.valles.udg.mx

El método de interpolación espacial Kriging es una herramienta de la estadística espacial, que se ha utilizado en una amplia gama de problemas de aplicación. Sin embargo, implementarlo sin tomar en cuenta las características propias de las variables de estudio, puede afectar el argumento de los resultados y las conclusiones en la estructura espacial de interés. Por esto, en este trabajo se establece un algoritmo que permita al usuario identificar las condiciones adecuadas para investigar el comportamiento espacial de una variable y se obtienen datos empíricos mediante un estudio de simulación para detectar el mejor modelo en términos de error en el ajuste de diferentes modelos en los datos del semivariograma, estableciendo la efectividad del método de interpolación kriging. Se aplican estos resultados en estudio de caso, detectando regiones de riesgo ambiental por concentraciones altas de contaminantes en el aire, analizando el comportamiento del ozono y las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se utilizó una base de datos de registros horarios de 18 años (1996-2013) de información de estos dos contaminantes y con ellos se estimaron las concentraciones en cada punto de una malla igualmente espaciada, buscando la probabilidad condicional de exceder la norma, dado que se excede en una de las estaciones de monitoreo. Los datos dan evidencia de regiones de riesgo ambiental bien definidas sobre la zona de estudio, mostrando un comportamiento mensual distinto para ambos contaminantes.

CCA-6

RELACIONES ENTRE LA RADIACIÓN SOLAR, LA PRECIPITACIÓN Y LAS CONCENTRACIONES DE OZONO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Díaz-Torres José de Jesús¹, Camarena-García Miguel Alberto², Hernández-Mena Leonel³, Murillo-Tovar Mario Alfonso⁴, Ojeda Castillo Valeria⁴ y Vargas-Amado María Elena⁴
¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, CIATEJ
²Unidad de Geomática y Estadística, Dirección de Innovación Gubernamental, Municipio de Zapopan
³Catedrático CONACYT, Centro de Investigaciones Químicas- IICBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos
⁴Department of Informatics, University of Zurich
 jdiaz@ciatej.mx

Se estima que el crecimiento del parque vehicular de las últimas décadas en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) ha contribuido al incremento en las concentraciones de ozono troposférico y consecuentemente a la formación de smog fotoquímico. La posición latitudinal de Guadalajara, la alta incidencia de radiación solar sobre la superficie, el régimen de lluvias de verano y las elevadas concentraciones de este contaminante secundario hacen que el área urbana se encuentra entre las ciudades más contaminadas de México. La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET), cuenta con un registro robusto (20 años) de contaminantes criterio y variables meteorológicas

en ocho estaciones distribuidas dentro de AMG; adicionalmente, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cuenta con registros de precipitación y radiación solar generados en varias estaciones dentro del área urbana. Estas bases de datos fueron analizadas en el presente estudio. Los resultados indican que la irradiación solar que potencialmente puede llegar a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara, alcanza su máxima intensidad durante el periodo Mayo-Julio. La precipitación que ocurre principalmente durante el periodo Junio-Octubre reduce alrededor del 25% de esa energía; aún así, se observa que durante la temporada de lluvias se presentan ventanas de cielo despejado que propician una alta exposición a la irradiación solar. El análisis de la variación mensual en las concentraciones de ozono demuestra que estas siguen un patrón semejante al que presenta la irradiación a través del año. Precisamente durante la temporada de lluvias, las concentraciones de ozono disminuyen ligeramente respecto a las que se observan en la temporada de estiaje, previo al régimen de lluvias. No obstante, las concentraciones horarias de ozono aún son altas y se conservan por prolongados lapsos del día, justo cuando predominan condiciones de cielo despejado; excediendo así los límites máximos normados (NOM-020-SSA1-2014). Con estas evidencias se exhibe la magnitud del problema que representa el ozono para el AMG, pero también se busca generar conciencia entre los actores políticos y sociales en vías de contribuir a minimizar los efectos adversos sobre la salud pública y el ambiente.

CCA-7

DETERMINACIÓN DEL FORZAMIENTO RADIATIVO DEL CARBONO NEGRO EN EL SUR DEL VALLE DE MÉXICO

Cruz-Núñez Xochitl y Rossell-Méndez Karen Gabriela
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
xochitl.cruz@atmosfera.unam.mx

El carbono negro es un componente de los aerosoles que proviene de la quema de biomasa y de combustibles fósiles, el cual modifica las propiedades físicas y químicas de la atmósfera. Es capaz de absorber radiación de frecuencias entre la zona del IR y del UV visible y así, alterar el balance de dispersión y absorción de luz. Actualmente, el carbono negro se posiciona como el segundo forzador climático después del CO₂; no obstante, a pesar de su creciente importancia, el forzamiento radiativo de diversos aerosoles ha sido pobremente caracterizado. En este trabajo se determinó el forzamiento radiativo del carbono negro del año 2015 en el sur del valle de México con modelos del sistema realizados a través de cálculos iterativos en el software OPAC y SBDART. Se obtuvieron valores entre +14.62 W-m⁻² y +18.53 W-m⁻².

CCA-8

EMISIÓN DE CO₂ DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Stremme Wolfgang¹, Grutter Michel¹, Baylón Jorge¹, Bezanilla Morlot Alejandro¹, Blumenstock Thomas² y Hase Frank²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Karlsruhe Institute of Technology IMK-ASF
stremme@atmosfera.unam.mx

Medir la emisión volcánica de CO₂ es una tarea difícil pero importante para determinar el papel actual de la actividad volcánica en el ciclo de carbono. El observatorio atmosférico en Altzomoni, con una altitud de 4.0 km s.n.m. (19.12°N 99.65°W), forma parte en dos redes: la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) y la Network of Detection of Atmospheric Composition Change (NDACC). Desde 2012, espectros de absorción solar en el infrarrojo están siendo medidos desde Altzomoni, que está a una distancia de tan solo 11 km del cráter del volcán Popocatepetl. Anomalías en la columna inclinada de CO₂ en la presencia de la pluma volcánica son menores al 1% debido a las altas concentraciones de fondo de este gas. Por lo tanto, estas anomalías sólo pueden ser detectadas con mediciones de alta precisión y durante condiciones favorables. Basado en metodologías desarrolladas en las redes NDACC y TCCON (Total Column Carbon Observing Network), la técnica ha llegado a la precisión necesaria y con mediciones de cinco años se ha encontrado un número significativo de eventos para presentar una primer estimación de la emisión del Popocatepetl. La recuperación de la columna de HCl a partir del mismo espectro confirma el origen volcánico de la anomalía en la masa de aire y ayuda también en conjunto con datos meteorológicos para la reconstrucción de la emisión promediada. Se compara la emisión de este volcán activo con las emisiones antropogénicas totales en el país y de la Ciudad de México. Se discutirán los resultados así como sus implicaciones al estudio del ciclo de carbono a diferentes escalas y al balance global del CO₂.

CCA-9

APORTACIONES DEL SATÉLITE TRMM SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Zarraluqui Víctor y Bravo José Luis
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
vzs1@atmosfera.unam.mx

Por su localización, México es un país en donde se presentan una amplia gama de sistemas meteorológicos a lo largo del año. Por otra parte el avance de la sequía en diferentes regiones es preocupante. Diversos escenarios plantean problemas de escasez de agua sobre todo en el norte del país. Contar con información confiable de alta resolución espacial y temporal sobre la precipitación es vital para el pronóstico, protección civil, planeación, etc. En este sentido el país cuenta con una amplia red de estaciones y una red de radares a cargo del Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.), pero su distribución no es homogénea y existen amplias zonas no cubiertas como es el caso del norte del país o las regiones montañosas. Por otra parte, se presentan problemas de operación que impiden tener la información completa y errónea en ciertos casos. Es por ello que el lanzamiento y monitoreo de plataformas satelitales han permitido subsanar gran parte de estas deficiencias y obtener una gran cantidad de información sobre la precipitación y las nubes entre otros datos. Tal es el caso del Satélite TRMM (1998-2015), desarrollado específicamente para el estudio de la precipitación en los trópicos, sustentado en una plataforma instrumental (que incluye un radar de precipitación (PR) y un sensor de microondas pasivo (TMI) ha generado diversos algoritmos, entre otros el 3B43 (precipitación mensual), 3B42 (cada 3 horas), 2B31 (por hora). Estos han permitido obtener información sobre diversos aspectos de la precipitación, etc. Para este trabajo se utilizó el producto 3B43 como una muestra representativa, cuyos datos están integrados con el acumulado mensual y una resolución de 0.25°. En trabajo previo se construyó una base de datos para el país, la cual fue validada usando los datos de GPCC y CMORPH. Con ella se generó una climatología anual así como para los periodos seco y húmedo. Esto permitió llevar a cabo un análisis de tendencias para cada periodo. Así mismo se obtuvieron mapas de las anomalías para un mejor entendimiento de los resultados. Los resultados obtenidos permiten determinar con mayor precisión las regiones en donde aumenta o disminuye la precipitación, así como el periodo en que esto ocurre. Esto es gracias a la resolución espacial y temporal que maneja el algoritmo. Cabe señalar que no se observa una señal fuerte de cambio en la precipitación acumulada en la mayor parte del país comparado con las normales del S.M.N. Por lo corto del periodo de operación del Satélite TRMM se puede hablar del comportamiento más que de la tendencia. Por lo corto del tiempo, se observa más bien el comportamiento dentro del periodo, más que una tendencia. Finalmente, se cuenta ya con una base de datos que cubre todo el territorio y que podrá ser integrada con los datos que produzca el Satélite GPM que sustituyó al Satélite TRMM.

CCA-10

UN ANÁLISIS NO LINEAL DE LAS TENDENCIAS SIMULADAS Y OBSERVADAS DE LA PRECIPITACIÓN HISTÓRICA EN EL CENTRO DE MÉXICO

Martínez López Benjamín¹ y Cabos Narvaez William David²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Universidad de Alcalá de Henares
benmar@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se analizan las tendencias simuladas y observadas de la precipitación en el centro de México utilizando técnicas no lineales para descomponer las series de precipitación anual acumulada en sus modos empíricos dominantes de variación climática. La contribución de las lluvias de los últimos años ha revertido las tendencias negativas que se han determinado para el oriente de la CDMX en trabajos previos. En varias localidades del centro de México, tanto los reanálisis como las diversas bases observacionales analizadas muestran tendencias positivas, las cuales se han incrementado marcadamente a partir del año 2000. La descomposición no lineal de la serie de precipitación del Observatorio de Tacubaya para el periodo 1900-2016 muestra que la tendencia de precipitación (séptimo modo empírico) ha significado un incremento de aproximadamente 470 mm durante este periodo. Notoriamente, el sexto modo empírico de la lluvia en el Observatorio de Tacubaya está relacionado inversamente con el modo empírico dominante de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (OMA) correspondiente al mismo periodo (correlación de -0.74), con la OMA precediendo a la precipitación con un desfase de 2 años. Este modo empírico de la lluvia asociado a la OMA alcanzó un mínimo en el año 2002, así que desde entonces su contribución negativa a la evolución de la lluvia observada en Tacubaya ha disminuido paulatinamente, comenzando a contribuir positivamente desde el año 2013. Esto explica parcialmente el incremento de la precipitación anual acumulada detectado en los reanálisis analizados. El análisis de los dos modos empíricos de mayor frecuencia indica, sin embargo, que la contribución interanual es la más abundante, con variaciones muy amplias año con año del orden de +/- 200mm, excediendo notoriamente estos valores en 1958 y 2016 (aproximadamente 500 mm/año y 420 mm/año, respectivamente). Estos dos cambios tan marcados en la contribución de alta frecuencia de la lluvia en Tacubaya coinciden con el cruce por cero del modo empírico dominante de la AMO. Es incierto aún si existe una explicación física para ello.

CCA-11

VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA PRECIPITACIÓN DE VERANO EN EL SURESTE DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON VARIABLES OCEÁNICAS Y ATMOSFÉRICAS DE GRAN ESCALA

Straffon Alejandra y Zavala-Hidalgo Jorge
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
alefractal@gmail.com

El ciclo anual de precipitación en el sureste de México y Centro América se caracteriza por lluvias intensas durante el verano asociadas a la cercanía de la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC) sobre el Pacífico tropical nororiental (PTN) centradas alrededor de 10° N. Adicionalmente, la sequía de medio verano, también conocida como canícula, es una disminución en la cantidad de precipitación a la mitad del verano, con una reducción que puede ser de hasta 40%. La duración e intensidad de la canícula varían año con año, esta variabilidad está asociada a los distintos modos de variabilidad climática y a su interacción con la topografía y los sistemas meteorológicos locales que controlan el transporte neto de calor, humedad y momento. El presente trabajo analiza la relación entre la variabilidad interanual de la precipitación en el sureste de México y Centro América durante la temporada de lluvias con variables atmosféricas y oceánicas usando los datos del Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) para el periodo de 1979 a 2015. Se propone abordar la variabilidad de la precipitación de verano de esta región en tres fases: las lluvias tempranas de mayo, junio y parte de julio; el periodo de sequía de medio verano y las lluvias de agosto a octubre. El estudio de la covariabilidad entre la precipitación y otras variables oceánicas y atmosféricas de gran escala permite identificar variables que presentan una variabilidad interanual que es significativa a la de la precipitación para una región determinada, lo anterior sugiere la relevancia de ciertos procesos físicos asociados a cada una de las fases de la temporada de lluvias. Mediante un modelo de regresión lineal múltiple, se evalúa la capacidad de pronosticar las anomalías de precipitación en el sureste mexicano con información previa de variables atmosféricas y oceánicas. Se presentan los resultados encontrándose que se puede explicar más del 50% de la varianza.

CCA-12

CARACTERÍSTICAS DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO E INFLUENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR

Bravo José Luis¹, Azpra Enrique¹, Rodríguez Francisco Javier² y Rodríguez Olivia³
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN
³Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
jlbravo@atmosfera.unam.mx

Se estudia el comportamiento espacial y temporal de la precipitación en la Ciudad de México durante el periodo 1950-2010 y la influencia que tiene en ella la presencia del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Para caracterizar la precipitación se emplearon datos de 27 estaciones climatológicas seleccionadas de la base de datos CLICOM, 22 en la Ciudad de México y 9 en el área metropolitana, en la región norte y oriente se observa una cantidad mayor de estaciones climatológicas que en el Sur y Suroeste. Para caracterizar el fenómeno ENOS se usan los datos del Índice Multivariado ENSO (MEI, por sus siglas en inglés) reportados por el Earth System Research Laboratory. Se elaboran mapas de isolinias de la distribución para la Ciudad de México y área metropolitana. La influencia del fenómeno ENOS se estableció tratando las variables como categóricas y haciendo pruebas Ji cuadrada a tablas de contingencia. Se encontró una relación no lineal en la que la probabilidad de que se presenten precipitaciones por abajo de la mediana se incrementa en presencia de Niño o Niña y disminuye cuando las condiciones de ENOS son neutras. Durante el periodo 1950-2008 la precipitación promedio anual no presenta una tendencia significativa a aumentar o disminuir. Muestra además un comportamiento con un ciclo completo en el periodo de estudio.

CCA-13

VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DEL AIRE EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO Y SU RELACIÓN CON EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR

Montes Aréchiga Jorge Manuel, Pardo Miriam I., Tereshchenko Iryna y Filonov Anatoliy
Universidad de Guadalajara, UDG
jorge.montes.a@gmail.com

Se emplean datos de 32 estaciones climatológicas superficiales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) obtenidos de la base de datos CLICOM junto con datos del Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Multivariado ENSO (MEI, por sus siglas en inglés) para estudiar la relación entre la variabilidad de la temperatura y la precipitación y el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) en diferentes regiones del estado de Jalisco durante el periodo 1980 a 2012. Las regiones analizadas en este estudio son: los altos de Jalisco, la costa de Jalisco, la parte Norte de Jalisco y el centro

del estado. Se utiliza la transformada Wavelet Continua (CWT, por sus siglas en inglés) para identificar los modos dominantes de la variabilidad de las series de tiempo de temperatura y precipitación de cada región. Los espectros de potencia de wavelet muestran que las frecuencias correspondientes a la variabilidad anual son predominantes en todas las regiones de estado de Jalisco, sin embargo, existen frecuencias significativas correspondientes a los periodos de 2-8 años en ambas variables. Se obtuvo la transformada cruzada de wavelet (XWT) y coherencia para analizar la covarianza entre las series de tiempo de las variables analizadas y los índices de ENSO. Para todas las regiones, se observa coherencia significativa (>0.85) en la banda de 2-7 años, localizada en periodos correspondientes a eventos fuertes de ENSO. Los eventos moderados de ENSO son solo significativos en las regiones Centro, Altos y Costa, donde muestran coherencia significativa en la banda de 2-4 años.

CCA-14

IMPACTO DE ENSO EN LA PRECIPITACIÓN DEL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA Y TRANSPORTES DE HUMEDAD ASOCIADOS

Martínez Melgarejo Ana Elena¹, Ordóñez Pérez Paulina¹, Nieto Muñoz Raquel² y Gimeno Presa Luis²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Ephyslab, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Vigo, España
ann.ct@ciencias.unam.mx

Al noroeste de México y suroeste de Estados Unidos, se presenta el fenómeno denominado "Monzón de Norteamérica (NAM, por sus siglas en inglés)", que recibe más del 50% de la precipitación total anual durante los meses de julio, agosto y septiembre. En este trabajo se estudia la influencia que presenta el modo climático ENSO en la precipitación de la región del NAM. Del mismo modo, se analizan los transportes de humedad asociados a estos eventos mediante el modelo lagrangiano de dispersión de partículas FLEXPART para el periodo 1981-2014. Los resultados no muestran anomalías de precipitación significativas durante la época del monzón. En cambio, se encuentran anomalías significativas durante el invierno, correspondiendo los inviernos húmedos/secos con años El Niño/La Niña respectivamente. Finalmente, también se observa un aporte anómalo de humedad procedente del océano Pacífico durante los años El Niño. Estos flujos de humedad son consistentes con la posición media de la corriente en chorro subtropical durante estos periodos.

CCA-15

SEQUÍAS EN EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA: SUCESIÓN DE PRIMAVERAS HÚMEDAS Y VERANOS SECOS

Cerezo-Mota Ruth¹ y Herrera Vázquez Carlos²
¹LIPC, UNAM
²Departamento de Oceanografía Física, CICESE
ruth.cerezomota@gmail.com

El Monzón de Norteamérica (NAM, por sus siglas en inglés) es responsable de casi el 80% de la lluvia total anual, en su porción central (Sonora y Sinaloa). Esta región es una región semiárida, en la que la subsistencia de todo el ecosistema es altamente dependiente de la intensidad y duración de las lluvias monzónicas. A pesar de que el NAM ha sido un fenómeno ampliamente estudiado, aun quedan interrogantes sobre su intensidad, sobre todo para fines de su predictibilidad. En este trabajo se discutirá como la intensidad de las lluvias monzónicas disminuye cuando le precede primaveras anormalmente húmedas. Para este trabajo se analizaron 30 años de datos de estaciones meteorológicas así como datos de reanálisis.

CCA-16

CARACTERIZACIÓN DEL ÍNDICE DE SEVERIDAD DE LA SEQUÍA DE PALMER EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA COSTA DE CHIAPAS

Gutiérrez Santiago Humberto¹, Simuta Champo Roel¹, Ríos Valdovinos Edna Iris¹, Mundo Molina Martín Dagoberto² y Vázquez Montoya Iván de Jesús²
¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
²Universidad Autónoma de Chiapas
ingbeto01@gmail.com

La sequía se percibe como uno de los desastres naturales más costosos y menos entendidos, dada la dificultad para definir su comienzo y fin, su lento desarrollo y las múltiples facetas que posee a nivel regional. Entre los eventos meteorológicos extremos, posee la mayor duración y la menor predictibilidad. La sequía se cuantifica habitualmente mediante los llamados índices de sequía, que son indicadores indirectos basados en información climática. El objetivo de este trabajo es identificar el comportamiento de la sequía hidrológica histórica en la Región Hidrológica 23 (RH23), ubicada en la Costa de Chiapas; para ello se emplea el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI, por sus siglas en inglés), para medir la pérdida de humedad, basándose en el concepto de oferta y demanda de la ecuación del balance

hídrico. En este trabajo se presentarán la metodología, resultados y conclusiones parciales, relativos a las estimaciones obtenidas del PDSI en la zona de estudio.

CCA-17

ANATOMÍA DEL ÍNDICE NORMALIZADO DE PRECIPITACIÓN CON LA CUENCA DEL RÍO USUMACINTA COMO UN CASO DE ESTUDIO

Santana Julio Sergio, Montero Martínez Martín José y Mateos Efraín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
juliosergio@gmail.com

Se presenta la metodología para el cálculo de series de tiempo del Índice Normalizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés, Standardized Precipitation Index) a partir de series de tiempo de precipitaciones de puntos específicos o de regiones geográficas completas y, asimismo se define un índice para la comparación de los SPIs en dos subperíodos dentro de la serie de tiempo (Índice Comparativo). Se consideran algunas variantes en la selección de las funciones de distribución de probabilidades empleadas para la construcción de los SPIs. Se describen categorías del SPI a partir de diferentes intervalos de valores, y se muestra cómo el índice comparativo permite valorar el comportamiento de esas categorías a lo largo de un período y un espacio geográfico considerados. La metodología presentada, con el índice comparativo incluido, se aplica a datos de precipitación de la cuenca del Río Usumacinta registrados entre 1960 y 2008, como caso de estudio para la caracterización del comportamiento histórico de las precipitaciones en dicha cuenca.

CCA-18

MODELO CONVECTIVO DE ASCENSO POR CAPAS: UN NUEVO PARADIGMA PARA PRONOSTICAR Y PARAMETRIZAR LOS EFECTOS DE SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA

Alfaro Diego A.
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
diego.alfaro@atmosfera.unam.mx

La convección húmeda profunda frecuentemente se organiza en sistemas convectivos de mesoescala (SCM), definidos como conjuntos de tormentas que producen precipitación persistente en regiones contiguas cuya escala característica horizontal es del orden de 100 km. Dichos sistemas son de gran relevancia climatológica y social, pues contribuyen significativamente a la precipitación acumulada anual en diversas regiones tropicales y extratropicales (e.g. # 50% en el noroeste de México), a veces dando lugar a condiciones de tiempo severo, incluyendo granizo, inundaciones y ráfagas destructivas. A pesar de su reconocida importancia, la elaboración de pronósticos efectivos y representaciones numéricas precisas de SCM siguen desafiando a la comunidad meteorológica. En este trabajo se presentará un nuevo marco teórico-conceptual para cuantificar la inestabilidad convectiva disponible para SCM, denominado modelo convectivo de ascenso por capas (MCAC). A diferencia de métricas tradicionales basadas en teoría de parcelas (e.g. CAPE, CIN), el MCAC incorpora aspectos característicos de SCM que impactan en el calentamiento latente producido en la zona convectiva profunda: primero, debido a que la piscina fría, la cual es producida por evaporación, fusión y sublimación de precipitación, levanta mecánicamente una capa profunda de aire, es necesario contemplar la inestabilidad convectiva presente en toda la columna atmosférica, no sólo cerca de la superficie; segundo, considerando que los SCM suelen propagarse con respecto a los vientos en la tropósfera media y baja, el calentamiento latente en la zona convectiva profunda dependerá del flujo de inestabilidad convectiva que ingresa a la tormenta, incluyendo la dilución causada por aire estable en niveles medios. Con base en estos principios, se diseñaron diversas métricas MCAC, incluyendo un índice CAPE de ascenso por capas (CAPE_{II}, donde II denota "layer-lifting"), un índice de intensidad de corriente ascendente (w_{II}) y uno para la tasa de precipitación (PR_{II}). Para validar el MCAC, se simuló SCM con un modelo de resolución de nubes bajo diversas condiciones ambientales. Resultados muestran que índices basados en el MCAC explican la mayoría de la varianza del calentamiento latente, de la intensidad de la corriente ascendente y de la tasa de precipitación, superando el desempeño de métricas de balance de vorticidad e índices tradicionales de teoría de parcelas. Adicionalmente, métricas MCAC muestran ser de gran utilidad para diagnosticar la estructura de SCM en cuanto a la verticalidad de la corriente ascendente y el nivel de organización revelado por imágenes de reflectividad de radar meteorológico (simulada). Se discutirán las implicaciones que tienen estos resultados, en conjunto con evaluaciones observacionales del MCAC, para el desarrollo de herramientas para pronosticar y parametrizar los efectos producidos por SCM.

CCA-19

PROCESOS CONVECTIVOS Y FORMACIÓN DE NUBES EN LA SIERRA DE ÁLVAREZ Y SAN MIGUELITO, SAN LUIS POTOSÍ

García Ruiz Selene y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
selene.garcia@ipicyt.edu.mx

Se realizó un análisis de los procesos de convección forzada generadores de nubes de tormenta como son las cumulonimbos a través de técnicas de percepción remota y modelación numérica. La región de estudio incluye parte del centro del país, con énfasis en la Sierras de Álvarez y San Miguelito, San Luis Potosí. Se utilizaron diferentes bandas del espectro electromagnético (visible e infrarrojo) para obtener diversos productos de interés de las nubes convectivas como la temperatura en la parte superior, la presión, la altura, el espesor óptico, la cantidad de agua de las nubes, entre otras. Se usan datos de la serie de satélites GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) con una resolución temporal de 15 minutos de los años 2013 y 2016 con los que se analiza el ciclo convectivo y la evolución temporal de las tormentas. Con el objetivo de analizar tendencias climáticas y variaciones estacionales en la región, se utilizaron también 10 años de datos del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) que van de 2007 a 2016. Fueron usados los datos tanto de Terra como de Aqua, que son los dos satélites sobre los que se encuentra montado el instrumento MODIS. Para la modelación numérica se utiliza el WRF (Weather Research and Forecasting Model) en la modalidad ARW (Advanced Research WRF). Se desarrolló una metodología que permitiera la comparación entre los datos obtenidos de la modelación numérica y los productos de nubes obtenidos del satélite GOES como Cloud Water Path (CWP), Cloud Top Pressure (CTP), Cloud Cover (CC), Cloud Top Temperature (CTT) y Cloud Top Height (CTH). El efecto topográfico tiene gran importancia en la dinámica atmosférica regional por la generación de procesos convectivos forzados. Se identifican agrupamientos de nubes convectivas y las causas de la ubicación espacial de dichos agrupamientos.

CCA-20

CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA DEL CENTRO DE MÉXICO

Cala Pérez Yoel Alejandro, Ochoa Carlos Abraham, Quintanar Arturo y Ordóñez Pérez Paulina
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
yocalap@atmosfera.unam.mx

La climatología sinóptica permite conocer la relación entre la circulación atmosférica con clima regional y local de una región geográfica. El objetivo del estudio consistió en desarrollar una climatología sinóptica de los patrones que influyen en el comportamiento del tiempo en el centro de México. Los datos utilizados fueron de reanálisis de ERA Interim para la generación de los mapas sinópticos en superficie y a diferentes niveles de presión, así como el análisis estadístico de los mismos. Las variables meteorológicas analizadas a nivel de superficie fueron la presión atmosférica a nivel del mar y la temperatura en superficie. El período de estudio fue 1979-2016, utilizando el horario sinóptico de las 1800Z (1200 hora local). En el caso del análisis de mapas sinópticos a diferentes niveles de altura, se utilizarán los niveles de 850, 700, 500 y 200 hPa. El método utilizado para el reconocimiento de patrones sinópticos similares fue "Self-Organizing Maps", que permitió agrupar "clusters" con patrones similares mediante un análisis estadístico y vectorial, realizando además un Análisis de Componentes Principales. Se presentan resultados preliminares de la aplicación del método mencionado. La clasificación realizada se basó en el reconocimiento de patrones sinópticos desde las escalas estacionales, mensuales y semanales, de acuerdo a su frecuencia y variabilidad. Se encontraron 20 patrones sinópticos que determinan el comportamiento del tiempo en el centro de México, siendo el de mayor frecuencia en ambos períodos, lluvioso (mayo-octubre) y seco (noviembre-abril), la influencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Norte con la dirección de los vientos del N-NW. Por otra parte el patrón sinóptico que mostró mayor variabilidad en frecuencia interanual en el período de estudio fue la presencia de bajas extratropicales en la región norte de México y suroeste de los EE.UU produciendo el paso de frentes fríos por la región de estudio.

CCA-21

PATRONES ACOPLADOS DE VARIABILIDAD NO ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y EL VIENTO SOBRE EL MAR CARIBE Y EL GOLFO DE MÉXICO

Rodríguez Vera Geidy y Romero-Centeno Rosario
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
heirove@gmail.com

La variabilidad climática de la temperatura superficial del mar (TSM) y el viento en niveles bajos se presenta de forma acoplada sobre el mar Caribe y el Golfo de México como resultado de las interacciones océano-atmósfera que caracterizan a esta región. Se utilizan datos de TSM provenientes del producto desarrollado por el NOAA's National Climatic Data Center (NCDC) con una interpolación óptima, el cual emplea información de los sensores satelitales AVHRR (Advanced Very High

Resolution Radiometer), datos in situ de buques y boyas. Además, empleamos las componentes zonal y meridional del viento en niveles bajos del Climate Forecast System Reanalysis. Mediante un Análisis de Correlaciones Canónicas (CCA) entre los promedios mensuales de TSM y del viento a 10 metros de altura durante el período de 1982 al 2016, se identifican y describen los patrones dominantes de la variabilidad climática a escala interanual de la TSM acoplada con el viento en niveles bajos durante todos los meses del año. Además, se investiga la relación de esos modos de variabilidad con algunos fenómenos de teleconexión de gran importancia para el clima de la región como son la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). El primer patrón de CCA muestra una clara relación con el ENSO, el cual presenta un marcado comportamiento estacional. Asimismo, se observa una fuerte anticorrelación de este patrón CCA en primavera con la NAO durante el invierno previo.

CCA-22

VARIABILIDAD DE LOS VIENTOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN: IDENTIFICACIÓN DE PATRONES TEMPORALES Y ESPACIALES EN EL CAMPO SUPERFICIAL

Cahuich López Miguel Ángel¹, Mariño Tapia Ismael¹, Gold Bouchot Gerardo² y Cohen Mark³¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN Unidad Mérida²Texas A&M University³NOAA Air Resources Laboratory
miguel.cahuich@cinvestav.mx

El objetivo del presente trabajo es el de realizar una evaluación de los procesos que gobiernan la variabilidad temporal y espacial del viento superficial en la región costera de la Península de Yucatán con aplicabilidad para dispersión de contaminantes atmosféricos. Para llevar a cabo lo anterior, se llevaron a cabo Análisis Espectrales y Análisis de Funciones Empíricas Ortogonales (EOF's, por sus siglas en inglés) en el campo superficial de vientos. En particular el primer análisis permite identificar la contribución de las oscilaciones con diferentes frecuencias a la varianza de la serie de tiempo y el segundo identificar estructuras en el espacio que expliquen la mayor cantidad de la varianza contenida en el conjunto de datos. Ambos análisis permiten estimar los patrones dominantes y su frecuencia. Para lo anterior y de acuerdo con la disponibilidad de información, se emplearon observaciones de magnitud y dirección del viento de estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ubicadas mar adentro, en la costa y tierra adentro en el periodo 2012-2013, así como series de tiempo extraídas del North American Mesoscale Forecast System con una resolución de 12 kilómetros (NAM 12), en todo el dominio de la Península de Yucatán. Los resultados obtenidos sugieren que hay conformaciones bien definidas de los campos de viento superficial a lo largo de la Península mostrando la influencia de los vientos locales y sinópticos en los procesos de advección. Los procesos locales (brisas marinas) predominan en la región Oeste de la península, mientras los advectivos predominan en el Este. Los resultados tienen relevancia para la dispersión atmosférica con aplicaciones en el campo de planificación de uso de suelo, planificación de calendarios de quemas a cielo abierto y calidad del aire en general.

CCA-23

CLIMATOLOGÍA DEL VIENTO SUPERFICIAL EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Gross Markus
CICESE
mgross@cicese.mx

Para modelar y analizar los efectos superficiales en el Golfo de California, una climatología eólica puede ser útil. Esta climatología ha sido compilada a partir de múltiples modelos y productos observacionales. Presentamos los datos crudos, la selección estadística de los datos de entrada y el procesamiento de estos datos en la climatología.

CCA-24

EVALUACIÓN DE RECURSOS EÓLICOS EN MAR BAJO RESTRICCIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS Y SOCIO-ECOLÓGICAS

Magar Vanesa¹, Gross Markus¹ y González-García Liliana²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Universidad de Wageningen
vanesamagar@gmail.com

Se evalúa el potencial de desarrollo de recursos eólicos en mar bajo restricciones técnico-económicas y socio-ecológicas. En un primer paso la capacidad instalada total teórica es determinada usando una climatología de viento de 26 años de duración. En un segundo paso se incorporan restricciones técnico-económicas para determinar la capacidad instalada técnica, considerando la profundidad y la proximidad a líneas de transmisión de alto voltaje como las restricciones más relevantes. En un tercer paso se incorporan los sistemas de recursos naturales, permitiendo añadir restricciones ecológicas. Finalmente, se incorpora la pesquería

artesanal como la restricción socio-económica más relevante. La metodología se ilustra utilizando un polígono de estudio que cubre desde el transecto Santa Rosalía –Guaymas como frontera sur, hasta el delta del Río Colorado como frontera norte, es decir, cubriendo la parte centro y norte del Golfo de California. El Golfo de California es un mar marginal en la costa noroeste del océano Pacífico, contenido en su totalidad en la zona económica exclusiva de México. Se presentan varios resultados según las restricciones consideradas, el más relevante siendo los de la evaluación práctica. Esta evaluación permitió mostrar que más de un 80% de la capacidad instalada total del país del 2012, equivalente a 62GW, puede reemplazarse por desarrollos de parques eólicos en mar en el área considerada, donde la baja incidencia de huracanes incrementa las ventanas de operación y mantenimiento y reduce los costos de dichos desarrollos.

CCA-25

VIENTOS DE SANTA ANA Y TORMENTAS DE POLVO EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Álvarez Báez Christian Adrián y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
christian.alvarez@ipicyt.edu.mx

Los vientos de Santa Ana representan un fenómeno meteorológico de gran impacto ambiental en el noroeste de México y suroeste de USA. Se presentan resultados del evento de vientos de Santa Ana de octubre del 2007 en el que enormes estelas de polvo y humo se propagan desde las costas de California y la península de Baja California hacia el océano Pacífico a distancias superiores a los 500 km. Se discute sobre las condiciones sinópticas, la modificación extrema de las variables meteorológicas de humedad y temperatura y la formación de tormentas de polvo causadas por el paso de los vientos de Santa Ana. El estudio consistió en la adquisición y análisis de imágenes satelitales (MODIS) dentro del periodo 2002-2016 para la selección de un evento con emisión de polvo. Después se identificó y correlacionó las fuentes de emisión de polvo con el tipo de uso de suelo y vegetación. Posteriormente se aplicó el Weather Research and Forecasting Model en conjunto con el módulo químico (WRF-Chem). La presente investigación permitió documentar la formación de estructuras de aire seco y caliente pertenecientes a los vientos de Santa Ana. Se correlacionó estas estructuras con pasos de menor altura topográfica en la península de Baja California donde la intensidad del viento fue mayor. Estas zonas de mayor intensidad de viento coinciden con las emisiones de polvo más relevantes. Esta investigación profundiza en el comportamiento vertical del aire a lo largo de la costa de la península de Baja California y California.

CCA-26

PATRONES SINÓPTICOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE TORNADOS EN LA REGIÓN DEL EJE NEVOLCÁNICO

León Cruz José Francisco y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
jose.leon@ipicyt.edu.mx

La formación de tornados en México ve su máxima ocurrencia histórica entre los meses de mayo y agosto. Espacialmente se han detectado zonas importantes en las planicies costeras paralelas a la Sierra Madre Occidental y Oriental, la región noreste, y sobresaliendo, la zona del Eje Neovolcánico, en el centro del país donde ocurren cerca del 40 % de todos los tornados. Se exploran patrones sinópticos de propagación de sistemas frontales, flujos de humedad, ondas tropicales, ciclones tropicales, etc., existentes durante la formación de tornados. Se analiza la interacción de estos sistemas con la topografía compleja de la región y se exploran las implicaciones de los mismos para la formación de los sistemas de tormentas severas que generan los tornados. Se utilizan para el análisis cartas sinópticas en superficie y altura del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Centro de Análisis y Pronósticos Meteorológicos Aeronáuticos (CAPMA). Además, se emplea el Weather Research and Forecasting Model (WRF-ARW) para la simulación de casos específicos y la evaluación de la interacción de los sistemas sinópticos detectados con la topografía existente. Como complemento, se emplean imágenes del Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) y datos de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) para la verificación de los sistemas de tormenta y validación de las simulaciones numéricas.

CCA-27

VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LOS CICLONES TROPICALES DEL ATLÁNTICO NORTE QUE IMPACTAN EN MÉXICO

Gómez Camacho Julio¹, Ordóñez Pérez Paulina¹,
Estrada Porrua Francisco² y Ribera Rodríguez Pedro²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España
julio_hopper7@hotmail.com

Los ciclones tropicales (CT) son sistemas atmosféricos rotatorios de escala global que obtienen su energía gracias al calor latente liberado a la atmósfera desde los océanos tropicales. Se requieren algunas condiciones en el ambiente para que

los CT se desarrollen, como una temperatura superficial del océano de al menos 26.5 °C y una cizalladura vertical del viento menor a 8 m/s. En la cuenca del Atlántico Norte, cuando los vientos asociados a estos sistemas sobrepasan los 120 km/h se denominan huracanes, y mientras mayor sea dicha variable, estos sistemas serán más destructivos. Para el trabajo aquí presentado se empleó la base de datos HURDAT2, elaborada por el Centro Nacional de Huracanes (NHC, por sus siglas en inglés) de la NOAA. Esta base de datos constituye el registro más completo de las trayectorias de los CT del Atlántico Norte desde 1851 hasta la actualidad, con datos de posición y presión central cada 6 horas. En primer lugar, se seleccionaron los CT de este conjunto que afectaron directamente a México. Para ello, se consideraron todos los CT que pasaron a una distancia máxima de 5# al este de las costas mexicanas. Seguidamente se caracterizaron las regiones de ciclogénesis, ciclólisis e intensificación de estos CT y además se estudió tanto la distribución mensual y anual de la actividad ciclónica. Para estudiar la posible relación entre esta actividad ciclónica y los modos de variabilidad climática, se analizó el coeficiente de correlación de Pearson con ventanas móviles entre los índices de frecuencia y duración de CT y los principales modos de variabilidad global. Se ha llegado a la conclusión de que las oscilaciones climáticas AMM y ENSO son las que modulan en mayor medida la actividad de los CT que afectan directamente a México.

CCA-28

ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO E ÍNDICES DE RIESGO PARA APOYAR LA TOMA DE DECISIONES

Estrada Porrua Francisco¹, Calderón-Bustamante Oscar¹, Botzen Wouter² y Gay Carlos¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²IVM VU University Amsterdam
fepporra@atmosfera.unam.mx

Dada la complejidad del sistema clima, así como de los demás sistemas que intervienen en su evolución, las proyecciones de cambio climático están inescapablemente caracterizadas por la presencia de incertidumbre de distintas fuentes. Adicionalmente, las demandas para la toma de decisión en cuanto a escenarios de cambio climático pueden ser mucho más dinámicas (sobre todo en el contexto de acuerdos internacionales) que el ritmo al que se producen escenarios basados en modelos de circulación general. Dichas demandas pueden ser, además, mucho más específicas y particulares que los diseños de los experimentos realizados por los grandes grupos de modelación. En el presente trabajo se muestra una propuesta para la generación de escenarios regionales probabilísticos de cambio climático basada en una combinación de modelos computacionalmente sencillos y en simulación estadística. Este conjunto de modelos simples logra emular las proyecciones de temperatura y precipitación de los modelos de circulación general incluidos en CMIP5. El enfoque propuesto logra incorporar distintas fuentes de incertidumbre en los escenarios regionales de cambio climático y permite condensar la información en índices univariados y multivariados de riesgo que pueden ser definidos en conjunto con tomadores de decisión.

CCA-29

ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD APÍCOLA EN EL ESTADO DE CAMPECHE

Canto Hernández Jesús Alberto, Pérez Morga Nancy y Flores Trujillo Juan Gabriel
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
jesus.canto@hotmail.com

El cambio climático es uno de los principales retos que enfrentamos en la actualidad provocando efectos económicos, ambientales, así como posibles efectos sobre las actividades agropecuarias. La apicultura como parte del sector agropecuario, depende de un intervalo de condiciones climáticas estables para su óptimo desarrollo. El motivo de este trabajo es determinar la relación entre la producción apícola y los índices climáticos en el estado de Campeche, debido a que éste ocupa el tercer lugar en producción de miel a nivel nacional, además, en el ámbito regional, en el estado de Campeche no existen estudios referentes sobre la relación entre los factores climáticos y la producción neta apícola. Las variables revisadas fueron precipitación y temperatura a escala diaria. Estos resultados nos proporcionan información que puede ser aprovechada para la toma de acciones preventivas en la conservación de la apicultura en el estado. Para realizar el cálculo de los índices climáticos se analizaron datos de distintas estaciones climatológicas del estado para un periodo de 1961-1990. Inicialmente se revisó la calidad de los datos diarios para validar o no un dato extremo comparándolo con estaciones vecinas, así como con la comparación de los eventos sobre posibles acontecimientos meteorológicos. Finalmente se calcularon los índices de cambio climático para las estaciones seleccionadas. Este trabajo muestra la relación entre los índices climáticos y la producción apícola en el estado. Otros estudios han observado que el aumento de temperatura reduce la cantidad de néctar y calidad del polen, dichas alteraciones en la temperatura afectan la disponibilidad del alimento y el desarrollo de las abejas; otros autores también muestran que los productos procesados por las abejas dependen de las características climáticas, ya que las lluvias moderadas, temperatura media y diversidad de plantas influyen en la cantidad y calidad del polen, mientras que también se ha observado que en periodos largos y discontinuos de lluvia se originan alteraciones en las épocas de floración, lo que provoca que la lluvia diluya el néctar y pierda atracción para las abejas. Es evidente que los

productos apícolas son afectados, estos resultados ayudan a plantear estrategias de adaptación que apoyen a los apicultores a mantener la producción de miel.

CCA-30

EVALUACIÓN DURANTE LOS ÚLTIMOS 10000 AÑOS BP EN EL LAGO DE CHAPALA DE LAS CONDICIONES PALEOAMBIENTALES Y LA PROCEDENCIA SEDIMENTARIA POR MEDIO DE LOS ÍNDICES GEOQUÍMICOS PROXIES DETERMINADOS EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DEL DEPOCENTRO

Zarate del Valle Pedro Faustino¹, Israde-Alcántara Isabel², Roy Priyadarsi D.³, González Quezada Esperanza¹, García Martínez María Teresa¹ y Espinoza Encinas Iván Rosario¹

¹Universidad de Guadalajara, CUCEI

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM - ERNO
pedrozarate@hotmail.com

El Lago de Chapala, localizado en el extremo occidental de la provincia geológica "Faja Volcánica Transmexicana" (FVT; Ortega-Gutiérrez et al., 1991), es un lago neotectónico perteneciente a la región hidrológico-administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico y a la región hidrológica RH12-C Lerma-Chapala la cual incluye a los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco cubriendo una extensión de 54,400 km² (CNA). Se colectó un núcleo de sedimento de 27 m de largo en el depocentro del lago (103° 02'W, 20° 15'N) en 2014, cuya base fue datada por el método radiocarbono obteniéndose una edad de ~11,000 14C años BP. Textualmente, los sedimentos son limo-arcillosos masivos en general y localmente muestran laminaciones. Se han identificado 16 niveles de ceniza volcánica de los cuales catorce tienen un grosor menor que 1 cm mientras que los otros dos están constituidos por una mezcla de sedimento y ceniza volcánica con grosores de 14 cm (26.66-26.52 m de profundidad) y 5 cm (12.28-12.32 m de profundidad). Por la técnica ICP-AE (fusión de metaborato de litio) se analizaron 33 muestras (Lab SGS, Canadá, 2017) para cuantificar el contenido de óxidos mayores (Al₂O₃, CaO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, MnO, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, TiO₂) y de elementos traza (Ba, Nb, Sr, Y, Zn, Zr). Las condiciones paleoambientales del Holoceno fueron reconstruidas estimando los grados de alteración química de los silicicásticos y la abundancia de carbonato autigénicos depositados en la cuenca. El grado de intemperismo se evalúa por medio de los cocientes de índice químico de alteración (CIA de Nesbitt & Young, 1984), índice de alteración de la plagioclasa (PIA de Fedo et al., 1995) y el índice químico de intemperismo (CIW de Harnois, 1988). El contenido de CaCO₃ se utilizará como proxy para evaluar la variabilidad climática y los eventos cíclicos de lluvia y sequía, ya que la precipitación de CaCO₃ es mayor en épocas de aridez cuando la temperatura, evaporación y concentración del ión HCO₃ aumentan. La evaluación de la variabilidad climática se complementará con estudios de diatomeas, polen, partículas de carbón y paleomagnetismo. El estudio de procedencia se desarrolla con dos enfoques: 1) en lo general para confirmar a partir de los cocientes SiO₂/Al₂O₃, TiO₂/Al₂O₃ y otros que la fuente del sedimento son las rocas aflorantes de las principales estructuras volcánicas (Nevado de Toluca, Caldera de Amealco, Maars de Valle de Santiago, volcán Cerro Grande de La Piedad, etc.) que drenan el Río Lerma (~730 km) y sus afluentes; 2) en lo particular para identificar la fuente de los horizontes con cenizas volcánicas intercaladas en la columna sedimentaria del depocentro (Nevado de Colima, Volcán de Colima, Cerro Apaxtepec, Jorullo, Tancitaro, Ceboruco, Caldera La Primavera, etc.).

CCA-31

ESTIMACIÓN DE ÁREAS DE SUELO DETERIORADO EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO

Guevara María de Jesús y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
guevara.macias@gmail.com

Los cambios en el uso de suelo tienen diferentes impactos sobre la vegetación y sobre el suelo mismo. Este fenómeno ocurre al incrementarse la apertura de tierras de cultivo. Una cantidad considerable de zonas de cultivo son de temporal siendo aprovechadas solamente durante la temporada de lluvias. Durante la temporada seca que tiene lugar en el invierno, muchas de las áreas quedan al descubierto sin ningún tipo de cobertura, quedando expuestas a la acción de fuertes vientos asociadas los frentes fríos. El área de estudio es afectada por la erosión causada por los fuertes vientos, que año con año transportan gran cantidad de polvo provenientes de las zonas de suelo desnudo de áreas agrícolas. Con el tiempo estas zonas pierden la calidad del suelo convirtiéndose en pequeñas dunas de arena. En el presente trabajo se utilizan diferentes imágenes del satélite Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI. La metodología consiste en aplicar diversos índices para identificar y estimar áreas de suelo que se han deteriorado. Los índices propuestos para determinar el deterioro en el suelo son: el índice de Suelo Desnudo (BSI por siglas en inglés), índice de Suelo Normalizado (NDSI), índice de brillo (BI) e índice de diferencia normalizada de desnudez del suelo (NDBaI).

CCA-32

ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES INVESTIGANDO VARIACIONES IMPREDECIBLES DE RADIACIÓN SOLAR

Sánchez Gómez Rubén, Sánchez Díaz Silvia, Cortés Navarro Laura Esther y Ramírez Mora Emilio Leonardo
Universidad de Guadalajara, UdeG
 dr.sanchezg@gmail.com

Este trabajo se presenta un algoritmo confiable para analizar magnitudes impredecibles en series temporales observadas en la naturaleza, identificando las componentes típicas de series observadas en la naturaleza, tales como tendencia temporal, efectos periódicos y de asociación entre lecturas consecutivas, así como la influencia que se genera por la interacción de estas componentes de la serie. Se presentan los resultados de un estudio de simulación para verificar la confiabilidad del algoritmo propuesto y se aplica a dos conjuntos de datos de radiación solar observada en la zona metropolitana de Guadalajara. Las bases de datos utilizadas corresponden a once años de registros cada diez minutos en dos estaciones automáticas: la primera en un área urbana, al interior de la ciudad y la segunda en una área forestal. Se revisaron por separado efectos periódicos mediante el análisis espectral, se buscó evidencia de dependencia temporal en lecturas consecutivas con modelos autoregresivos, así como el análisis de tendencia para variaciones a largo plazo. En las variaciones a corto plazo se buscó evidencia del mejor modelo en términos de la raíz del error cuadrado medio y bajo el criterio de Akaike propuesto bajo la teoría de información. De los resultados obtenidos con datos reales, en las variaciones de periodo largo se encontró evidencia de oscurecimiento en el área urbana, detectando brillantes en la zona forestal; mientras que, para las perturbaciones a corto plazo (de segundos a minutos) se observó que el modelo de distribución Weibull tiene el mejor ajuste a los datos de radiación solar observados en dos puntos de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

CCA-33 CARTEL

RELACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE SITUACIONES SINÓPTICAS Y LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Tereshchenko Iryna, Fonseca-Hernández Mariam, G. Mayor Yandy, Figueroa-Montaño Arturo y Monzón César
Universidad de Guadalajara, CUCEI
 itereshc@cucei.udg.mx

Este trabajo constituye una profundización en el tema de investigación sobre la relación de diferentes circulaciones sinópticas y la calidad del aire para la Zona Metropolitana de Guadalajara que se ha llevado a cabo desde el 2015. El constante crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara ha llevado al aumento de sus niveles de contaminación, con frecuentes episodios de mala calidad del aire. Se utilizaron datos de reanálisis de National Centers for Environmental Prediction (NCEP) y la técnica de correlación de Lund para identificar siete Tipos de Situaciones Sinópticas (TSS) que han afectado a la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) en el periodo comprendido entre 1996 y 2015: "Depresión sobre Baja California", "Depresión sobre EE.UU.", "Depresión al noreste de México", "Vaguada extendida sobre el este de la Sierra Madre Oriental", "Altas presiones migratorias", "Gradiente Débil" y "Situaciones Ciclónicas". Se utilizó el análisis de varianza para determinar si la influencia de estas situaciones sinópticas en las concentraciones de Ozono (O3) y Material particulado menor de 10 micras (PM10) en la zona eran estadísticamente significativas. Excepto "Gradiente Débil" y "Situaciones Ciclónicas", las otras cinco situaciones favorecen la acumulación de altas concentraciones, siendo "Depresión sobre Baja California" la situación más frecuente y por lo tanto durante la cual es más común que se excedan las normas establecidas para ambos contaminantes. Los valores más altos de PM10 se reportan al sur del área metropolitana y bajo la influencia de la "Depresión sobre EE.UU."; mientras que las concentraciones de O3 son más elevadas en las zonas del norte y durante la presencia de "Altas presiones migratorias".

CCA-34 CARTEL

SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL TRÁFICO VEHICULAR COMO FUENTE DE POLUCIÓN ATMOSFÉRICA

Baltazar Galván Luis Alberto y García Chan Néstor
Universidad de Guadalajara, UdeG
 labg_14@hotmail.com

El tráfico vehicular es la principal fuente de contaminación en las zonas urbanas, lo que se ha visto agravado con el número de vehículos que ha ido aumentando con el paso de los años. Sin embargo, es difícil estimar sus emisiones contaminantes debido a su cantidad (pueden ser millones) y su movilidad. Es por ello que mediante la modelación matemática se busca estimar la emisión generada por el tráfico vehicular y la consecuente concentración de contaminantes. Para abordar este problema medioambiental se aplica el modelo 1D de tráfico vehicular de Lighthill-Whitham-Richards (LWR) con cambio en el número de carriles, semáforos y rampas de entrada-salida de vehículos para estimar la emisión. Dicha emisión es teórica penalizando el flujo (vehículos que circulan por unidad de tiempo) y la densidad (número de vehículos por km) y sirve como término fuente para un

modelo de contaminación 2D (no-estacionario de advección-difusión y reacción de orden cero) que genera la concentración del contaminante. Esta metodología fue implementada para evaluar el impacto medioambiental del proceso de construcción de una ciclovía y del crecimiento de la mancha urbana. Ambos escenarios se presentan en la Zona Metropolitana de Guadalajara en México.

CCA-35 CARTEL

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS AEROSOL PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE BIOMAS EN LA REGIÓN DEL SURESTE DE MÉXICO

Florean-Cruz Claudia Lizeth¹, Carabali Giovanni², Estevez Héctor² y Valdés Barrón Mauro²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 lizeth_florean@ciencias.unam.mx

Las selvas húmedas, también conocidas como selvas altas o bosques tropicales, son el ecosistema más representativo del sureste de México (CONABIO, 2014). En esta región se presentan grandes incendios forestales provocados de manera natural o antropogénica que abarcan grandes extensiones de vegetación, amenazando zonas protegidas como la selva Lacandona. Durante estas quemas, se emiten altas cantidades de gases y aerosoles atmosféricos compuestos principalmente por carbono negro, que podrían afectar de manera significativa el balance radiativo de la región. El objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades ópticas de los aerosoles emitidos por la quema de biomasa mediante el análisis de una serie de datos medidos durante un periodo de cuatro años (2005-2008) por el fotómetro solar CIMEL (CE318) asociado a la Red Robótica de Aerosoles AERONET, fundada por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio NASA. El análisis de imágenes satelitales obtenidas del espectro-radiómetro de imágenes de media resolución (MODIS, por sus siglas en inglés), muestra una alta concentración de incendios durante los meses de primavera (marzo, abril y mayo). Las mediciones de la distribución de tamaño de aerosoles realizados por el fotómetro solar (CE318), muestran una alta concentración de partículas finas durante la primavera. Igualmente, durante esta estación se registran los valores más altos de del espesor óptico (AOD ~ 0.45) y altos valores del coeficiente de Angstrom ($\beta \sim 1.59$).

CCA-36 CARTEL

ANÁLISIS DEL CICLO ESTACIONAL Y DIURNO DE LA CONCENTRACIÓN DE POLEN DE ENCINOS EN LA CDMX Y SU RELACIÓN CON EL CAMPO DE VIENTO Y SU CONVERGENCIA

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia¹, Martínez López Benjamín¹, Guerrero Guerra Cesar¹, López Espinoza Erika Danae¹ y Cabos Narvaez William David²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Universidad de Alcalá, España
 mclce@atmosfera.unam.mx

Los encinos son árboles que producen granos de polen del tipo anemófilo por lo que son susceptibles de ser transportados por el viento desde sus fuentes de origen hacia lugares distantes. Los encinos producen elevadas concentraciones de pólenes, variando según las especies, registrándose entre 1.9 x 104 to 1.3 x 106 granos de polen (gp) por flor. Una gran cantidad del polen liberado puede ser transportado por el viento localmente, regionalmente o, incluso, continentalmente, teniendo un impacto grave en la salud humana debido a que causa alergias, rinitis, conjuntivitis y asma. Debido a ello es importante entender su evolución diurna y estacional, analizando la relación entre la ubicación de sus fuentes primarias y secundarias con el campo de viento para estimar su procedencia y concentración en la CDMX. El muestreo de los gp del aire se realizó con una Trampa de esporas tipo Hirst, en la estación de monitoreo de la Delegación Cuajimalpa, de enero de 2012 a junio de 2015, lo que permitió determinar su variación estacional y ciclo diurno para cada año evaluado. Para el mismo periodo se registraron las condiciones de temperatura, humedad, horas de sol y precipitación. Asimismo, se localizaron las zonas con vegetación de encinos y se simuló numéricamente los campos de vientos de esos años. La variación estacional del polen de encinos aerotransportado indicó que la floración y la emisión de polen inicia entre febrero y marzo, con una concentración fluctuante entre los años. La presencia de polen en la atmósfera se asoció, en general, con un efecto positivo de la temperatura y las horas de sol en la emisión y dispersión del polen, así como con un mayor efecto negativo de la humedad relativa y la precipitación. Con respecto al ciclo diurno, en los años con mayores concentraciones de polen (2012 y 2014), las variaciones intradiarias fueron cualitativamente similares, con un pequeño máximo relativo en la mañana y con las concentraciones más altas por la noche. Los valores máximos absolutos de polen se registraron en 2014 y se pueden explicar por dos procesos: por la tarde, el polen fue aerotransportado por los vientos convergentes del suroeste desde sus fuentes secundarias. Por la noche, las fuentes primarias contribuyeron adicionalmente con polen transportado por los vientos del NW incrementándose así la concentración de polen en Cuajimalpa. En el 2012, sólo las fuentes secundarias contribuyeron y debido a esto se registró una menor cantidad de polen que la observada en 2014.

CCA-37 CARTEL

DETECCIÓN DE METALES Y METALOIDES EN AGUA DE LLUVIA EN EL DISTRITO MINERO DE TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Velázquez Eduardo¹, Ramírez Alejandro² y García Rocío¹¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM²Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero
j.evo1491@live.com.mx

La minería en México, es una actividad económica que ha estado presente desde épocas prehispánicas, así como en todos los procesos históricos de México, siendo una parte fundamental para el desarrollo social y económico del país. Esta actividad primaria produce desechos como jales y lixiviados, que constituyen la fuente potencial de contaminación por metales más importante del mundo. La existencia de depósitos de jales a cielo abierto de varios complejos mineros abandonados en el Distrito Minero de Taxco de Alarcón, Guerrero, representa un riesgo potencial de daños a la salud humana y el medio ambiente. Por lo anterior, fue importante considerar en este estudio la Asociación causal y la Evaluación del riesgo. El estudio de metales y metaloides, en cuanto a su concentración, características químicas, físicas y sus probables mecanismos de incorporación a la lluvia, permite crear un marco de referencia para prevenir, controlar y reducir la contaminación atmosférica provocada por los metales y metaloides que afectan directamente la salud del ser humano y el medio ambiente. Los poblados de Taxco el Viejo y Huahuaxtla, así como las ciudades de Iguala de la Independencia y Taxco de Alarcón, han sido los cuatro sitios seleccionados, mismos que por sus características geográficas, topográficas, geológicas y su cercanía a depósitos de jales, representan las condiciones idóneas para la realización del estudio. La importancia de estudiar los metales y metaloides concentrados en la precipitación pluvial, dentro del Distrito Minero de Taxco de Alarcón, Guerrero, se debe a que no existen estudios previos al respecto. Además, contribuirá a explicar cómo es el transporte atmosférico de los metales y metaloides en la zona, y si es posible, encontrar alguna correlación biogeoquímica y antropogénica.

CCA-38 CARTEL

RECONSTRUCCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE CONVERGENCIA DEL ATLÁNTICO SUR DESDE EL SIGLO XIX

Rosas Nava Josele¹, Ordóñez Pérez Paulina², Gallego Puyol David² y Romero-Centeno Rosario¹¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM²Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España
josele100987@gmail.com

El Sistema Monzónico de Sudamérica (SAMS, por sus siglas en inglés) comienza durante el mes de septiembre sobre el noroeste del Amazonas y se propaga hacia el sureste de Brasil a mediados del mes de octubre. Durante el verano austral (diciembre-febrero), el SAMS alcanza su punto máximo y presenta una banda convectiva alargada que se extiende desde la cuenca del Amazonas hacia el sureste de Brasil, llegando hasta el océano Atlántico Suroccidental. Esta banda contiene abundante nubosidad y se denomina Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ, por sus siglas en inglés). En las zonas monzónicas, generalmente no existen registros históricos de precipitación con una cobertura espacial suficientemente densa anteriores al siglo XX. Diversos trabajos (ej. Gallego et al., 2015; Ordóñez et al., 2016) han mostrado la posibilidad de reconstruir la precipitación de estas regiones a partir de índices basados en la dirección y persistencia del viento, gracias a la existencia de datos históricos procedentes de diarios de navegación de la base de datos del proyecto internacional Océano-Atmosfera (ICOADS, por sus siglas en inglés). En este trabajo se presenta la metodología a emplear para la reconstrucción de la precipitación de la SACZ desde el siglo XIX. Se ha elaborado un índice a escala mensual basado en la persistencia de vientos del noreste en la SACZ, que ha arrojado coeficientes de correlación con la precipitación de 0.64, 0.58 y 0.72 para enero, febrero y marzo respectivamente en el periodo de 1948 a 2010. Este índice direccional, se considera como un proxy de la precipitación, lo que nos permitiría reconstruir las variaciones de precipitación para un periodo de tiempo mayor. Gallego, D., Ordóñez, P., Ribera, P., Peña-Ortiz, C. and García-Herrera, R. (2015). An instrumental index of the West African Monsoon back to the nineteenth century. Q.J.R. Meteorol. Soc. Doi: 10.1002/qj.2601. Paulina Ordóñez, David Gallego, Pedro Ribera, Cristina Peña-Ortiz, Ricardo García-Herrera (2016). Tracking the Indian Summer Monsoon onset back to the pre-instrumental period. J. Climate. 29: 8115-8127. DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0788.1.

CCA-39 CARTEL

ANÁLISIS DEL REGIMEN DE LLUVIAS DE LA CDMX Y LA INFLUENCIA DE LOS FENOMENOS DEL NIÑO Y LA NIÑA DENTRO DEL PERIODO 1960-1988

Ramírez Adán

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
adan.ramirez@ujat.mx

Ante la situación actual acerca del Cambio Climático, surgen varias preguntas, una de ellas es conocer de qué manera influyen los fenómenos climáticos en las lluvias. Por tal motivo se pensó en crear una metodología que permitiera conocer el comportamiento de las lluvias en este caso de la CDMX y hasta qué grado pueden influir dichos fenómenos climáticos en estas. Este trabajo presenta el desarrollo de una metodología aplicada a la CDMX en el periodo (1960-1988), donde se muestran mapas, gráficas y datos que son el resultado de un proceso de selección y análisis estadístico de datos cuyas variables son: la precipitación y la temperatura. Se toma en cuenta la necesidad de saber las zonas con mayor y menor índice de lluvias y las delegaciones afectadas, también se analiza el comportamiento de ambas variables por décadas lo que permite saber de qué manera se ha ido dando la variación climática que hoy en día se sabe existe en esta ciudad. También se analizan los años con mayor y menor cantidad de lluvia y se realiza una correlación con los fenómenos de EL NIÑO Y LA NIÑA, que a su vez estos fenómenos se correlacionan con la influencia de la actividad solar, todo con el fin de comprender la interacción entre Sol-Atmósfera-Océano, que finalmente se refleja en el clima. Todo esto tomando como referencia distintos estudios hechos por científicos nacionales y extranjeros que han aportado varias teorías acerca de esta relación que finalmente afecta a todos los seres vivos.

CCA-40 CARTEL

SOBRE LA CIRCULACIÓN MONZÓNICA DE NORTEAMÉRICA

Hernández Alfaro Jaime y Pérez García Ismael

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
jhernandez@atmosfera.unam.mx

El Sistema Monzónico de Norteamérica (SMNA) es un fenómeno de gran impacto en la climatología de verano en México, especialmente en la región desértica del noroeste del país. Las precipitaciones monzónicas son de vital relevancia en la vida de los habitantes de esta región, ya que de ellas dependen aspectos importantes como la agricultura y la planificación de las actividades diarias. Por eso, es necesario caracterizar de mejor manera este fenómeno, y así mejorar los esquemas de pronóstico. En este trabajo de muestran los patrones de circulación atmosférica más relevantes del SMNA en verano, entre las que se pueden mencionar la corriente de chorro en niveles bajos, el anticiclón de la tropósfera alta y los patrones de viento durante condiciones de precipitación intensa sobre la región del noroeste de México. Además se presentan las condiciones iniciales que se usan en un modelo de circulación general de complejidad intermedia (SPEEDY) para simular el SMNA y los resultados de una corrida preliminar.

CCA-41 CARTEL

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN TABASCO

Antonio Pérez Manuel Salud¹ y Carrillo Gonzales Fatima Maciel²¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT²Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara
manuelap18@hotmail.com

En el estado de Tabasco hay pocos estudios sobre islas de calor, Tabasco es una zona con mucha vegetación, grandes cuerpos de agua y ubicada en bajas latitudes y longitudes. Con el uso de isotermas se generaron las islas de calor que se dieron en las zonas mas urbanizadas de Tabasco, por lo que se procedió a hacer un análisis de un periodo de 67 años (1950-2016) en intervalos de 10 años esto para determinar cuanto ha sido el aumento de temperatura y ser comparado con el informe del IPCC-2007. Para la generación de las isotermas se emplearon datos de 37 estaciones climatológicas de la base de datos CLICOM que tuviesen al menos 20 años de información, esto para poder tener una interpolación confiable de los datos. Se analizo la relación entre el ENSO y la temperatura hallándose una correlación de 0.30 (30%). Y que el aumento de temperatura desde 1950 ha sido un poco mayor que el valor mencionado en el informe del IPCC-2007.

CCA-42 CARTEL

EL “WARM BLOB” DEL PACÍFICO NORTE DURANTE 2013-2015 E INDICADORES DE EVENTOS PASADOS

Ramos Rodríguez José Alejandro¹, González Rodríguez Eduardo², Villalobos Ortiz Hector¹ y Traviña Castro Armando²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE Unidad La Paz
jalejandro.amos@gmail.com

Se describen las características que dieron origen al “Warm Blob” acaecido durante 2013-15, los cuales produjeron un cambio en los gradientes de presión que disminuyeron la intensidad de los vientos en el Pacífico norte, reduciendo la advección y la mezcla. Utilizando los datos diarios generados por los proyectos, a) multisatelital AVISO/SSalto Duacs para nivel de mar (8,312 archivos, 1993-2016), y b) de la interpolación óptima de la temperatura superficial del mar (12,545 archivos, 1981-2016) se hace una descripción de su extensión geográfica y anomalías producidas en ambas variables por este evento, enfatizando su combinación con un evento “El Niño” (2014-16). Utilizando la reconstrucción extendida de la temperatura superficial del mar y la oscilación decadal del Pacífico se analizó la ocurrencia de eventos pasados, registrando durante el siglo pasado al menos otro evento de características muy similares, asociándose a la variabilidad del PDO.

CCA-43 CARTEL

ESTUDIO DE SELECCIÓN DEL MEJOR SITIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE EÓLICO EN EL NORESTE DE MÉXICO

Ruvalcaba García Alejandro y González Morán Tomás
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
menc.ruvalcaba@gmail.com

El desarrollo de un parque eólico como proyecto energético, no tiene una metodología estandarizada. Las técnicas varían según el revelador para seleccionar la localización correcta para un parque eólico. Generalmente para instalar un parque eólico considerar tres factores clave: 1) las características del viento, 2) la distribución de la electricidad 3) el acceso de transporte al sitio y las carreteras existentes (SENER, 2015). Este trabajo presenta un estudio con una metodología diferente a como se propone un sitio para un parque eólico en México. Primeramente, proponiendo una región basada en sus aspectos cartográficos como es su política y la división fisiográfica, la ubicación de las áreas naturales y la conservación, las masas de agua, los criterios urbanos; además se incluyen, criterios naturales como la cantidad y dirección del viento, el tipo y uso de la tierra, la vegetación, la topografía y la biodiversidad del sitio. El resultado de la metodología nos da mapas espaciales para el aprovechamiento del viento y la implementación de un parque eólico fundamentándose en variables de toma de decisión como son las sociales, medioambientales, técnicas y económicas. En este caso las restricciones que se consideran el sitio seleccionado se ubicarán entre el estado sureño de Coahuila y la parte central de Nuevo León, donde el parque eólico contribuirá al desarrollo económico y social de los pueblos del General Cepeda, Ramos Arizpe y Monterrey.

CCA-44 CARTEL

PATRONES ESPECIALES DE LOS EVENTOS MAYORES A 20 MM/H EN CIUDAD DE MÉXICO

González Moraga Gustavo Javier, Ochoa Carlos Abraham y Quintanar Arturo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
glezm.gustavo@atmosfera.unam.mx

En este trabajo, se describe el comportamiento del patrón de precipitación extrema horaria para el Valle de la Ciudad de México (MXV por sus siglas en inglés). El cual, está rodeado al sur, oeste y este por grandes relieves. Dicha orografía hace que la precipitación en la zona tenga un patrón determinado, en donde, dado un evento extremo de esta, afecta principalmente a un sector del MXV, perjudicando así, al sector económico y social. Para realizar la caracterización de la precipitación, se usaron datos horarios provenientes de estaciones del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), para la temporada húmeda (mayo-octubre) en el periodo de 1993-2009. Los resultados de los eventos extremos, se representan en mapas de contorno para el MXV, los cuales muestran que los eventos de precipitación extrema han aumentado progresivamente en altitudes más bajas (zona norte del MXV). Sin embargo, no se presentan cambios significativos en la zona oeste.

CCA-45 CARTEL

ANÁLISIS DE CALOR EXTREMO EN LOCALIDADES DEL NOROESTE Y EL ESTE DE MÉXICO

Villa Falcón Citlali¹, Vázquez Aguirre Jorge Luis¹, Garfín Gregg² y Jones Hunter³

¹Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

²The University of Arizona

³National Oceanic and Atmospheric Administration
citlali95@gmail.com

El calor extremo puede contextualizarse en términos del aumento de la temperatura en la escala climatológica o bien de la variabilidad y tendencias en olas de calor. Dichos eventos son comúnmente atribuidos como manifestaciones del cambio climático derivado del calentamiento global. El calor extremo impacta a la población vulnerable en entornos urbanos y rurales, la salud, las actividades al aire libre y a la productividad en general, e incide en la demanda energética. La caracterización del calor extremo es llevada a cabo mediante varios índices calculados a partir de observaciones instrumentales de temperatura y otras variables, dependiendo de la complejidad del índice del que se trate, de la disponibilidad de información histórica y en tiempo real, y de su calidad y homogeneidad. Así, los análisis de detección través de índices, han revelado que los eventos de calor extremo cada vez son más frecuentes, más intensos y de mayor duración. Con el fin de implementar servicios climáticos en el tema, se explora la factibilidad de insertar la información cuantitativa sobre el calor extremo como un insumo para el desarrollo de sistemas integrados para los sectores de salud y protección civil estatales. Esto último considerando las pruebas piloto y la red internacional del Sistema Norteamericano de Información Integrada sobre Calor y Salud (NIHHS).

CCA-46 CARTEL

INFLUENCIA SOBRE LA CICLOGÉNESIS TROPICAL DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN MADDEN-JULIAN Y EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR

Villate García Ernesto, Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo,
Tereshchenko Iryna y García Concepción Faustino Omar
Universidad de Guadalajara, CUCEI
ernestovg1991@gmail.com

A la hora de analizar la ciclogénesis tropical es necesario tener en cuenta numerosos factores en diversas escalas espaciales y temporales, desde variables puntuales como la temperatura y la vorticidad, hasta fenómenos de gran amplitud. A raíz de esto, la presente investigación se centra en la profundización sobre la interacción entre los fenómenos de gran escala Oscilación Madden-Julian (MJO) y El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y la consecuente influencia en la generación de ciclones tropicales (CT) en las cuencas del Golfo de México y Mar Caribe. Primeramente, a través de un análisis de los espectros de frecuencia del comportamiento de ambos índices, multivariado RMM para la MJO y el Índice de la Oscilación del Sur (SOI) para el ENSO, se busca la posible señal de la influencia en la variabilidad de uno sobre el otro. De igual manera se analiza la incidencia de ambos fenómenos en la vorticidad relativa, divergencia y temperatura superficial del mar, variables de peso para la ciclogénesis. En un segundo momento se establecen seis tipos de configuraciones de acuerdo a las fases de los fenómenos, indicados por el valor de los índices empleados. Atendiendo a esto se clasifican los días donde se desarrollaron los CT en la zona del Golfo de México y el Mar Caribe, para categorizar estas configuraciones de acuerdo a la formación de ciclones al que estuvieron asociados. Seguidamente, a partir de un caso de estudio, se describe las modificaciones en el ambiente sinóptico, asociado a la intensificación de CT, producido por la principal configuración de fases. Así, los resultados obtenidos en esta investigación, serán de utilidad para la modelación y el trabajo operativo meteorológico.

CCA-47 CARTEL

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN LOS ÚLTIMOS 150 AÑOS (1870-2014)

Bada Díaz Reynier y Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo
Universidad de Guadalajara, UDG
rbada91@gmail.com

El principal objetivo de este trabajo consiste en analizar la variabilidad climática en la región mexicana en el periodo 1870-2014, principalmente para las variables de temperatura y precipitación, usando datos de la base Siglo XX Reanálisis (V2) (1851-2014), los cuales están validados y muestran un índice alto de confianza. El conocimiento de la variabilidad del clima nos ayuda a comprender mejor su comportamiento y la tendencia que puede tener para años futuros. Los resultados muestran una oscilación en cuanto a las temperaturas con relación a los periodos climáticos que abarcan 30 años, teniendo periodos fríos y cálidos. La tendencia de la temperatura en el periodo de 1870-2014 muestra un aumento menos marcado que en el periodo 1851-2014, esta tendencia varía según el año de inicio del estudio climático, el aumento es de aproximadamente 0.4°C para todo el intervalo de análisis. Índices climáticos extremos muestran los años más cálidos y los más fríos, como el número de noches tropicales y de noches de congelación, el análisis de estos nos muestra un aumento en las temperaturas mínimas promedio de todo

el territorio para el invierno. La gran extensión de la República Mexicana hace que posea diferentes tipos de clima, las anomalías de las diferentes variables son tomadas teniendo en cuenta sus valores medios en cada una de las subregiones (norte, centro y sur).

CCA-48 CARTEL

EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO LOCAL EN MUNICIPIOS DE YUCATÁN

Aguilar Duarte Yameli Guadalupe¹, Moguel Ordoñez Yolanda¹ y Bautista Francisco²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP

²Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
yaguilarduarte@gmail.com

En años recientes se ha hablado que varios municipios yucatecos están pasando por una sequía severa, evidenciándose también en cuerpos de agua que se han secado cuando éstos habían permanecido siempre con agua. También se menciona que ha aumentado la temperatura, principalmente en zonas urbanas. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue la evaluación de las tendencias de cambio climático en diferentes municipios del Estado de Yucatán para identificar en qué sentido y grado se están presentando estos cambios. Se seleccionaron cuatro estaciones meteorológicas pertenecientes a diferentes municipios con una serie de datos desde los 60's hasta el 2016. Se trabajó con el software Clic-MD para identificar las tendencias de cambio por mes utilizando la prueba de Mann-Kendall (MK) a través del valor de Z. Si $Z \# 1.96$ entonces hay significancia estadística para la serie de datos, es decir, hay tendencia al aumento. Un valor de $Z \# -1.96$ indica una tendencia descendente. También se revisaron los índices de humedad y la longitud del período de lluvias. En Progreso (zona costera) se observó que mientras las temperaturas máximas mensuales aumentan, las temperaturas mínimas disminuyen con lo cual se incrementa la amplitud térmica. La precipitación pluvial mensual va en aumento. En Mérida (centro-norte) hay tendencia al aumento de temperaturas máximas y medias en 11 meses. En el municipio de Tizimin (al oriente del estado), se observa también una tendencia de aumento de temperaturas solo para algunos meses, no se observan cambios estadísticamente significativos en la precipitación, sin embargo si se observa que la longitud del período de lluvias ha disminuido en meses en los últimos dos años (2014-2016), pasando de cinco a dos meses. Un comportamiento similar en la precipitación ocurre en la ciudad de Mérida. En Tzucacab (al sur de la entidad), se observó una tendencia al aumento de la temperatura máxima solo para seis meses del año, pero también se observa una tendencia a la disminución de la temperatura mínima y de la precipitación para dos meses del año. Sin embargo, el índice de humedad presenta de manera general cambios en la presencia de meses hiperáridos en los últimos tres años, que previamente no se manifestaban. El conocimiento de la tendencia al cambio en el clima a nivel local, serviría para proponer las medidas de adaptación y mitigación de manera más precisa.

CCA-49 CARTEL

MODELO DE CLIMA PARA LA SIERRA NORTE DE PUEBLA UTILIZANDO DATOS DEL PERÍODO 1980 - 2012, INTERPOLACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN...¿QUÉ ESPERAMOS PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS?

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz José Martí, Andrade Luis y Vázquez Sánchez Raúl
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
jose.gogu@gmail.com

En este trabajo se determina la climatología para la sierra norte del estado de Puebla, a partir del análisis estadístico de datos del Observatorio Meteorológico, para el periodo comprendido entre los años 1981-2012 y complementado con interpolación y extrapolación, como una primera etapa para evaluar el impacto del cambio climático en la región. Para este propósito utilizamos la clasificación de climas de Whilhem Köppen. Los resultados establecen cinco climas básicos: Am (Clima monzónico), Aw (Clima de sabana tropical), Cfa (Clima templado húmedo sin estación seca, verano cálido), Cfb (Clima templado húmedo sin estación seca, verano suave), Cwb (Clima templado con estación invernal seca).

CCA-50 CARTEL

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MODELO WRF PARA SIMULAR LAS VARIACIONES DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN MÉXICO DURANTE LA DÉCADA DE LOS 80S

Meza Carreto Jaime¹, Romero-Centeno Rosario², Osorio-Tai María Elena³, Zavala-Hidalgo Jorge² y Villa Guerrero Arantxa²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM
jmezac216@hotmail.com

El modelo Weather Research and Forecasting (WRF) es un sistema de cálculo numérico para predicción y simulación atmosférica que consta de varios

componentes, como módulos de solución dinámica y simulación física. Se implementó para México una simulación que cubre el período de 1980 a 1989, considerando como condiciones iniciales y de frontera los datos del reanálisis CFSR (Climate Forecast System Reanalysis), con una resolución espacial de 10 kilómetros y temporal de una hora. El WRF incluye diferentes opciones en cuanto a modelos de física superficial (Land-Surface Models). Para este estudio se eligió implementar el esquema de difusión térmica de 5 capas (5-layer thermal diffusion scheme), ya que estudios previos indican que este esquema es bastante adecuado cuando se necesita que las simulaciones se corran en paralelo en sistemas de supercómputo. El grupo Interacción Océano-Atmósfera del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM realiza diversas actividades con el objetivo de optimizar el desempeño del modelo WRF; dentro de ellas destaca el análisis, generación e inserción de nuevos datos terrestres estáticos, por lo que para este trabajo se utilizó una nueva base de datos de uso de suelo y cobertura vegetal. Se presentará el resultado de métricas estadísticas obtenidas de la comparación entre observaciones y datos simulados de la temperatura superficial en México.

CCA-51 CARTEL

GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN CON DATOS DE INEGI PARA SU USO EN EL MODELO WRF

Rivera Martínez Saulo, Pineda León Roberto, Osorio-Tai María Elena y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
saulo_ardo@hotmail.com

El modelo WRF viene con una serie de archivos de uso de suelo y vegetación, correspondientes a diversas fuentes, épocas y métodos de procesamiento; los cuales comúnmente son utilizados para realizar simulaciones y pronósticos en México. Estas capas de información son de buena calidad en Estados Unidos debido a que es el país en donde se desarrolla principalmente el WRF; sin embargo, para el territorio Mexicano para el territorio mexicano el uso de suelo del USGS 93 es muy deficiente; por lo que se requiere realizar simulaciones con capas adaptadas de uso de suelo y vegetación para México, con lo cual en teoría deberían mejorar. Por lo que el presente trabajo propone una clasificación de las series de uso de suelo y vegetación de INEGI del periodo 1968-2012 a una clasificación internacional manejada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica, para adecuarlas al modelo de pronóstico meteorológico WRF. Asimismo se documenta cómo ha cambiado el uso de suelo en las cinco series que ha generado el INEGI (1968-2012)

CCA-52 CARTEL

EFFECTO DE LA BASE DE DATOS OBSERVACIONAL EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE UNA CUENCA DE MÉXICO

Velázquez Juan Alberto
CONACYT - El Colegio de San Luis
velazquez.conacyt@gmail.com

El panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) señala que en muchas regiones del mundo, especialmente en aquellas más vulnerables al cambio climático, hay pocos registros de observaciones meteorológicas, registros faltantes o bien no hay un análisis de los datos hidrometeorológicos para caracterizar las condiciones climáticas, e insta a la mejora de los sistemas de observación y de los sistemas de alerta. Asimismo, el IPCC recomienda la producción de bases de datos interpolados en mallas como alternativa a los datos observados en aquellas regiones con poca información o con estaciones muy alejadas entre sí. Diversas regiones de México, principalmente en la zona norte, tienen poca información hidrometeorológica accesible para la evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos. Esta investigación evalúa el uso de tres bases de datos meteorológicos (observaciones y dos bases de datos meteorológicos interpolados en malla) en la calibración y validación de un modelo hidrológico global en una subcuenca del río Pánuco. Los resultados muestran que el modelo puede calibrarse y validarse adecuadamente con las tres bases de datos. Sin embargo, cuando se usan datos interpolados, los parámetros del modelo indican que éste simula un comportamiento hidrológico muy diferente al obtenido con observaciones directas de estaciones meteorológicas. En un segundo paso, un ensamble de cinco simulaciones del modelo regional canadiense (CRCM 4.2.3) bajo el escenario A2 fue objeto de una corrección de sesgo en base a las observaciones meteorológicas y a las variables interpoladas. Posteriormente, las simulaciones climáticas fueron usadas para alimentar el modelo hidrológico en un periodo presente (1971-2000) y un periodo futuro (2041-2070). Con las simulaciones hidrológicas se evaluaron indicadores hidrológicos de caudal bajo, medio y alto y se estimó la señal de cambio climático. Los resultados muestran que la señal de cambio climático puede variar según la base de datos meteorológica utilizada, especialmente en los indicadores hidrológicos extremos. Así, la selección de la base de datos meteorológicos es otra fuente de incertidumbre en la evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos.

CCA-53 CARTEL

**ORIENTACIÓN DE LAS LADERAS COMO
CONTROL EN LA RECARGA DE BLOQUE
DE MONTAÑA EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA
MEDITERRÁNEA EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

Del Toro Francisco¹, Vivoni Enrique², Kretzschmar

Thomas¹, Bullock Stephen¹ y Vázquez Rogelio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Arizona State University

jonesfco1@gmail.com

La dinámica y el transporte del contenido de agua del suelo (#) en el bloque de montaña (MB) son importantes para describir la infiltración en capas superficiales y profundas del suelo y su relación con la recarga potencial (Pr). En este trabajo, medimos la distribución del # en el perfil de suelo en tres sitios de monitoreo, con diferentes orientaciones topográficas en una zona montañosa con un clima tipo semiárido Mediterráneo en Baja California, México. Dos localizadas en aspectos opuestos y una localizada en un área plana. En cada sitio, se midió el # entre los 10 y 100 cm de profundidad desde mayo de 2014 a septiembre de 2016 en cuatro estaciones hidrológicas: estación húmeda (invierno), estación seca (verano) y dos estaciones de transición. La evolución temporal del # muestra una fuerte variabilidad que está asociada a los pulsos de precipitación, a los efectos topográficos y a la cubierta vegetal en los tres sitios. Cuando la lluvia es intensa, parece limitar al proceso de infiltración vertical en el MB, pero se promueven los flujos horizontales desde aguas arriba dentro de las capas más profundas del suelo. Estimamos que alrededor del 7,5% de la precipitación total durante el período de estudio podría convertirse en recarga de MB en las laderas, mientras que el sitio con topografía plana conduce a sólo el 3,5% hacia la recarga potencial. Este trabajo contribuye a la comprensión del proceso de infiltración en suelos poco profundos en el bloque de montaña en zonas semiáridas y su vinculación con la recarga en esta región.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores:

Jorge Arzate Flores

Fernando Corbo Camargo

EG-1

IDENTIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE HIERRO EN SIERRA LEONA, ÁFRICA CON TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Díaz Rodríguez Gerardo¹ y Prol Ledesma Rosa María²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

gerardodiaz.rod@gmail.com

Sierra Leona se localiza en la Costa Oeste de África, entre las latitudes 7° y 10° norte y longitudes 10.5° y 13° oeste. Se encuentra delimitado por Guinea al norte y al este, al sureste por Liberia y por el Océano Atlántico al oeste y al suroeste. Las zonas de estudio con potencial minero para la extracción de hierro son Tonkolili y Marampa, con coordenadas geográficas 8°58'49.51" N, 11°47'41.15" O y 8°41'32.31" N, 12°28'13.12" O respectivamente. Los depósitos de hierro de Marampa forman parte de un cinturón de rocas verdes con capas masivas de espequeíta-esquistos interestratificadas con mica-esquistos de cuarzo. Por otro lado, los depósitos de hierro de Tonkolili se encuentran en el cinturón de rocas verdes Sula-Kangari cerca del poblado de Farangbaya, al norte de la provincia. Las técnicas de percepción remota son utilizadas debido a su rentabilidad, su habilidad para estudiar áreas de difícil acceso y porque la información puede ser recolectada frecuente y rápidamente a gran escala (Bruker, 2006). Asimismo, otros autores, tales como Alasta (2011) y Abulghasem (2012) han demostrado la eficacia que tiene esta herramienta con propósitos de exploración minera en el continente africano. Los óxidos de hierro en Sierra Leona han sido ampliamente aprovechados principalmente en el distrito de Marampa. Gran parte de los depósitos se encuentran también en Tonkolili, los cuales han sido explorados mediante perforación, socavones y pozos inclinados. Posterior a la Guerra Civil que afectó a esta nación de 1991 al 2002 fue posible el resurgimiento del sector minero, sin embargo, éste se ha enfocado hasta ahora en el restablecimiento de minas cerradas y la explotación de reservas previamente probadas. Los objetivos propuestos para la realización de este trabajo son los siguientes: • Ubicar nuevas zonas con potencial minero mediante la composición a color con cocientes de bandas y el análisis de Componentes Principales con cocientes de bandas a fin de obtener un mapa que delimite zonas con mineralización expuesta de óxidos de hierro. • Incluir vías de acceso para su posible exploración. La elaboración de este trabajo fue mediante el procesamiento de imágenes del sensor TM, del satélite Landsat 5.

EG-2

MODELADO E INVERSIÓN 3D DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS PRODUCIDAS POR CUERPOS CUYA GEOMETRÍA SE DEFINE ANALÍTICAMENTE

García Abdeslem Juan

CICESE

jgarcia@cicese.mx

Utilizando técnicas analíticas y numéricas, he desarrollado un método para calcular anomalías magnéticas de campo total producidas por un cuerpo (3D) uniformemente magnetizado. El cuerpo ocupa una región rectangular cuyo techo y piso se representa analíticamente. Con este método es posible calcular la anomalía magnética producida por cuerpos de geometrías diversas, incluyendo para su validación al prisma rectangular recto, cuya solución analítica conocida. Similarmente, para estimar los parámetros que definen la geometría del modelo, se resuelve el problema inverso no-lineal mediante técnicas analíticas y numéricas. En esta presentación se describe la metodología desarrollada y se muestran resultados de algunos ejemplos de la aplicación del método de inversión.

EG-3

USO DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA Y GAMMA ESPECTROMETRÍA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LECHOS ROJOS DE LA FM. PÁTULA, CUENCA DE SABINAS

Batista Rodríguez José Alberto, Cázares Carreón Karla I., Almaguer Carmenates Yuri, Díaz Martínez Roberto y Dávila Pulido Gloria Ivone
Universidad Autónoma de Coahuila, UAdC
josebatista@uadec.edu.mx

Se presenta la caracterización de lechos rojos de la Fm. Pátula, ubicada en el centro de la Cuenca de Sabinas, a partir de mediciones de susceptibilidad magnética y gamma espectrometría in situ, en perfiles transversales a la estratificación en distintos afloramientos. La descripción y análisis de los afloramientos estudiados indican cambios en las coloraciones, granulometría y dureza de las rocas, sugiriendo a su vez cambios en las condiciones de formación de dicha secuencia. Generalmente predominan las coloraciones rojas, marrones y amarillentas, sugiriendo condiciones fuertemente oxidantes antes y durante la formación de estas rocas. Al parecer estas condiciones son más intensas en los niveles inferiores de la secuencia estratigráfica y se vuelven más variables hacia los niveles medios y superiores de dicha secuencia. El análisis petrográfico destaca que estas rocas

detríticas están compuestas principalmente por feldespatos y cuarzo, generalmente cementados con un material arcilloso-ferruginoso de color rojo. Dentro de este cemento se identifican óxidos e hidróxidos de Fe, tales como goethita y hematita. El análisis estadístico de las mediciones de susceptibilidad magnética y gamma espectrometría, apoya las ideas sugeridas durante las descripciones de campo, en cuanto a las condiciones de formación de las rocas y evolución del ambiente geológico. La susceptibilidad magnética se relaciona con las coloraciones de estas rocas, sugiriendo cuales niveles de la secuencia estratigráfica, se formaron en condiciones más oxidantes. Esto de acuerdo a los altos valores de esta propiedad física relacionada con altos enriquecimientos de óxidos e hidróxidos de Fe, y arcillas. Esta propiedad física y la gamma espectrometría, evidencian el grado de meteorización en estas rocas, aun cuando no es posible apreciar macroscópicamente los cambios en dicho proceso. La gamma espectrometría se relaciona con la granulometría y grado de arcillosidad de las rocas, sugiriendo notables cambios en las fuentes de suministros y las condiciones de la cuenca de sedimentación.

EG-4

ESPECTROMETRÍA AÉREA DE RAYOS GAMMA Y MAGNETOMETRÍA DE ALTA RESOLUCIÓN EMPLEADOS PARA LOCALIZACIÓN Y ASOCIACIÓN DE ANOMALÍAS DE URANIO, ÁREA LA PALA, SONORA

Rubi Vite Eric
Servicio Geológico Mexicano
ericrubi@sgm.gob.mx

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) realizó un levantamiento aéreo de espectrometría de rayos gamma con un arreglo de cristales de Yoduro de Sodio enriquecido con Talio (NaITl), con el objetivo de localizar prospectos de exploración para yacimientos de uranio, en el área La Pala, Sonora; en la cual se cuantificaron 5 zonas anómalas de uranio, sobresaliendo la anomalía 1 al ser la de mayor intensidad, extensión y tener asociación con el torio; geológicamente se encuentra asociada a un Granito-Granodiorita del Cretácico Superior. De manera simultánea durante el levantamiento, realizado a 120 metros sobre el contorno del terreno y utilizando un aeroplano de ala rotativa, se ejecutó un levantamiento aeromagnético de alta resolución empleando un magnetómetro de Vapor de Cesio. Utilizando las rejillas de campo total y mediante el proceso de la primera derivada vertical, se observó una correlación de las anomalías de Uranio con un bajo magnético que se ubica dentro de un intrusivo y que se atribuye a una zona de falla regional, a su vez se interpretó, una intersección de fallas profundas que delimitan la zona anómala 1. Existe una correlación estructural dentro del intrusivo con las anomalías de uranio. El complejo intrusivo se encuentra diferenciado en contenido de radioelementos; la porción norte del intrusivo presentó una mayor concentración torio-potásica, la cual se encuentra delimitada por las fallas observadas en la rejilla de primera derivada vertical; la porción sur, mostro un menor aporte de estos elementos. El límite de la división radiométrica dentro del intrusivo está asociado con el bajo magnético observado en la rejilla de campo total, esta estructura puede asociarse a áreas mineralizadas de polimetálicos, de los cuales ya se tiene registro cartografiado, ya que estos se distribuyen en la periferia de la porción sur del intrusivo. La interpretación de la información radiométrica, se realizó con base a los canales procesados de cuenta total (TC), potasio (K), uranio (eU) y torio (eTh), así como del canal magnético procesado. Para la correlación litológica se utilizaron cartas geológico-mineras del SGM escala 1:50000. (La Poza H12-D11 y Opodepe H12-D12). Con las metodologías empleadas se pudo concluir que el granito se encuentra diferenciado en composición, al tener un mayor aporte de torio y potasio en la porción norte, el cual se encuentra estructuralmente afectado y además un bajo magnético asociado con la división radiométrica; la cual, a su vez está asociada, al emplazamiento de las anomalías de uranio. La anomalía 1 es la que se propone la de mayor interés al correlacionarse a todos los rasgos geofísicos y geológico-estructurales. Las metodologías aplicadas brindaron elementos no visibles, que sirven para redefinir el intrusivo petrologicamente, y las asociaciones radiométrico-magnéticas que son usados como indicadores de mineralización, que se proponen como guías de exploración para áreas de minerales de uranio y polimetálicos.

EG-5

CONCENTRACIONES DE POTASIO ASOCIADAS CON SISTEMAS TIPO PÓRFIDO, DETERMINADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA ESPECTROMETRÍA AÉREA DE RAYOS GAMMA, ÁREA "LA SOLEDAD", SINALOA

Gaona Mota Marcos
Servicio Geológico Mexicano
marcosgaona@sgm.gob.mx

Este estudio realizado en el Servicio Geológico Mexicano (SGM), presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de la espectrometría aérea de rayos gamma, la cual es una técnica de teledetección que aporta información geoquímica superficial de relevancia en la prospección minera y cartografía geológica. Los principales radioelementos determinados son potasio, uranio y torio, los cuales están presentes de forma natural en las rocas. El estudio denota que los datos aéreos

de rayos gamma en el canal de potasio muestran una zona anómala de forma irregular que ocupa una superficie de 2.3 km², tiene una intensidad que va de 4 a 8 %, y se encuentra ubicada espacialmente en el centro del área de estudio y se asocia con flanco norte del Cerro la Mica, con una orientación N-S. Los valores anómalos de mayor intensidad se relacionan directamente con la zona de alteración del Cerro la Mica, que muestra una zona de argilización y oxidación por lo que se concluye que la detección de anomalías de potasio son un buen indicador de sistemas tipo pórfido cuprífero. El enriquecimiento de torio en general no acompaña al potasio durante los procesos de alteración hidrotermal, las relaciones Th/K pueden establecer una distinción entre el potasio asociado a la alteración y las anomalías relacionadas con las variaciones litológicas comunes. Esta importante correlación de una baja relación Th/K en muchos procesos de alteración es evidente en el área de estudio "La Soledad", que se localiza al noreste de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, en los límites con el estado de Durango. Regionalmente "La Soledad" se ubica dentro de la franja metalogénica de Cu-Mo con rumbo NW-SE y constituye un depósito de gran volumen y baja ley tipo pórfido, de Cu-Mo, con valores de Au y W. El espectro de energías de rayos gamma permite determinar la concentración de elementos individuales. Estos elementos son medidos mediante espectrómetros de yoduro de sodio, tratado con talio NaI(Tl) y considerando rangos específicos de energía se pueden calcular los contenidos de K%, eU (ppm) y eTh (ppm). Se concluye que las alteraciones potásicas, están asociadas en el contacto entre rocas intrusivas dioríticas y las rocas volcánicas riolíticas que varían mineralógicamente, se identificaron grandes halos de alteración hidrotermal potásica, tanto lateralmente como verticalmente mediante la aplicación de una serie de técnicas de interpretación se realizan las variaciones sutiles debidas a alteración/mineralización. Los resultados indican que estas técnicas son apropiadas para la identificación de zonas de alteración potásica y constituyen una guía para la exploración y localización de los sistemas tipo pórfido cuprífero.

EG-6

CARACTERIZACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LAS PRINCIPALES INTRUSIONES Y SUS YACIMIENTOS MINERALES ASOCIADOS EN LA CARTA EL BATAMOTE H12-C39, SONORA CENTRAL

Silva Peña Nadia Elvira¹, Martínez Retama Silvia¹, Pérez Segura Efrén¹, Vega Granillo Ricardo¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²

¹Universidad de Sonora, UNISON

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
aidan_arivie_@hotmail.com

La carta El Batamote se localiza en la porción central del Estado de Sonora, ubicándose aproximadamente a 25 km, en línea recta al norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora, cubriendo una superficie de 899 km². La geología del área está constituida por unidades litológicas que comprenden desde el Proterozoico superior hasta el Holoceno. Las rocas más antiguas son dolomías y areniscas cuarcíticas distribuidas en la porción noreste. En las porciones noroeste, centro-oriente y sureste de la carta afloran rocas del Cámbrico inferior y consisten de una secuencia de calizas y cuarcitas depositadas, en discordancia sobre las rocas neoproterozoicas. En varias porciones de la carta afloran rocas volcánicas, consistentes en derrames, tobas y aglomerados de composición dacítica-andesítica. Grandes cuerpos de composición granítica fueron emplazados a finales del Cretácico Superior, asociados a la Orogenia Laramide. Depósitos cuaternarios semiconsolidados, constituidos por gravas y arenas, forman terrazas y zonas de talud, seguidas por depósitos de arenas y limos, por último material aluvial localizado en los cauces de los arroyos más importantes. El objetivo principal de éste trabajo es caracterizar los principales cuerpos intrusivos del área de estudio, así como determinar la morfología del basamento y un modelo geológico-estructural en base a la modelación 2D y a la interpretación de datos gravimétricos. Se procesaron datos de la Anomalía de Bouguer completa medidos por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), para lo cual se seleccionaron las estaciones gravimétricas de la Carta El Batamote. Para realizar la separación de la anomalía regional-residual, se utilizó el método de Ajuste de Superficies Polinomiales. Para encontrar el grado óptimo del polinomio a utilizar, se aplicó la continuación analítica del campo potencial gravimétrico, que permite calcular el potencial en un plano distinto al plano en donde se tomaron los datos. Se correlacionó la geología del área de estudio y la anomalía residual, observándose que tanto la geología como las anomalías gravimétricas tienen una dirección preferencial NW-SE, por lo que se trazaron perfiles perpendiculares a las mismas, además para disminuir la incertidumbre en el proceso de modelación, se realizó un muestreo de las rocas del área de estudio y se midieron sus densidades con un densitómetro EW-300SG. Los perfiles fueron modelados utilizando el método Talwani; los modelos obtenidos muestran que la morfología del basamento del área corresponde a un semigraben con un espesor máximo del sedimento de aproximadamente 1000 m. Además, en base al análisis del mapa de anomalía residual se identificaron cuerpos intrusivos de interés que están cubiertos por sedimentos.

EG-7

IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO DE FALLAMIENTO EN EL TERRENO INFERIDAS CON INVERSIÓN Y MODELADO DE ANOMALÍAS DE CAMPOS POTENCIALES

Alatorre Zamora Miguel Angel¹, Fregoso Becerra Emilia² y Campos Enríquez Oscar³

¹Departamento de Ingeniería Civil, CUCEI, Universidad de Guadalajara

²Departamento de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

³Instituto de Geofísica, UNAM
alatorre2004@hotmail.com

El hundimiento diferencial y el fallamiento y fracturamiento del terreno son problemas mundiales de primer orden que ocurren en muchos valles sedimentarios. En México hay varias ciudades que están siendo afectadas por estos problemas. Una de estas ciudades es el polo agroindustrial de Ameca, localizada en el Rift de Tepic-Zacoalco, en el límite norte de una separación cretácica. Una interpretación gravimétrica reciente, realizada en la parte occidental del Valle de Ameca, da indicios de una topografía del basamento posiblemente compleja, debajo de la zona urbana. Para detallar estas estructuras y contribuir al estudio de las causas de subsidencia, hemos conducido una inversión con dos esquemas matemáticos independientes y diferentes, y un modelado directo tradicional 2D de datos de campos potenciales. Por una parte, las anomalías residuales de Bouguer de segundo orden se caracterizan por un mínimo central entre dos gradientes, indicando como su fuente una compleja depresión, que es interrumpida debajo de Ameca por un levantamiento del basamento local caracterizado por altos gravimétricos con forma de mesetas. Por otro lado, la anomalía aeromagnética que proporciona el SGM también muestra un mínimo anómalo en el extremo este de la ciudad. Estas anomalías tienen una tendencia general NW-SE y por lo tanto son correlacionables con la tendencia general del Rift Tepic-Zacoalco. Tres perfiles fueron invertidos y modelados de forma directa. Se aplicaron una inversión tipo Tsuboi (TTI), una inversión conjunta con gradientes cruzados (CGJI) y un modelado tipo Talwani. Resultados anteriores mostraron una pendiente inclinada hacia el norte de aproximadamente 20° en la mitad sur, con bloques cayendo hacia el sur a lo largo de fallas listricas, mientras que en la mitad norte se observan pendientes inclinadas hacia el sur casi 35°. Se ha establecido una cresta estructural debajo de la parte suroeste de la vecindad. Este alto estructural representa un elemento clave del basamento debajo de la zona urbana. Parece controlar el curso del Río Ameca. Su límite norte se correlaciona con el cinturón de subsidencia W-E a NW-SE que afecta a la ciudad. Las fracturas y lineamientos cartografiados se correlacionan bastante bien con la topografía del basamento. El área correspondiente al alto estructural no se ve afectada por fracturas (es decir, por hundimientos). Las zonas de grandes gradientes horizontales o cambios de profundidad al basamento coinciden con estas fracturas y lineamientos. Las interpretaciones cuantitativas muestran un relleno sedimentario (aluvial) con casi 500 a 1,100 metros de espesor. Estas diferencias en profundidad al basamento son asociadas con fallamiento del terreno paralelo a la fábrica tectónica regional de la tendencia del Rift Tepic-Zacoalco. Este estudio establece dos de los tres factores primordiales que en combinación causan fallamiento y subsidencia: (1) la interacción de grandes espesores de sedimentos y (2) grandes variaciones en las profundidades del basamento (irregularidades en el basamento). El tercer elemento, es decir, una extracción excesiva de agua subterránea, ha sido documentado por CONAGUA (2015), cuyos reportes muestran a un acuífero de Ameca excesivamente explotado (CONAGUA, 2015).

EG-8

INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE TERRAWARE DE GEOTEM INGENIERÍA. MÓDULO PARA EL PROCESAMIENTO, MODELADO E INVERSIÓN MULTIDIMENSIONAL DE DATOS POTENCIALES INCORPORANDO PROCESOS DE PROGRAMACIÓN EN PARALELO. PRIMERA ETAPA.

Colchado Casas Juan Carlos¹, Pita de la Paz Carlos², Huante

Arana Francisco Enrique³ y Sánchez Galindo Luis Alfredo¹

¹Geotem Ingeniería S.A. de C.V. - Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación

²Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
jcc.geotem@gmail.com

El modelado y la inversión de datos geofísicos requiere de una comprensión detallada del fenómeno físico que se está evaluando (problema directo), así como de la implementación de un esquema de optimización adecuado con base al problema planteado, con el fin de inferir propiedades físicas y/o geométricas de las fuentes de campo que satisfacen nuestras observaciones (problema inverso). En cada uno de estos escenarios será necesario asimilar e incorporar diferentes niveles de complejidad estructural (lo que equivale a una complejidad numérica) a nuestros modelos tratando de afrontar los problemas de existencia, no-unicidad y estabilidad (W. Menke, 1984). Como parte de la plataforma de software computacional TerraWare, desarrollada por el grupo de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de Geotem Ingeniería S.A. de C.V. En este trabajo se presentan los aspectos más relevantes del módulo para el procesamiento, modelado e inversión multidimensional de datos potenciales TerraWare-Potential. Este módulo desarrollado en librerías C++ y QT (bajo licencias GPL & LGPLv3) contiene herramientas para el procesamiento y mejoramiento de la señal (enhancement signal), con la posibilidad de procesar perfiles o mallas. Para el proceso de inversión

(2D y 3D), se incorporaron algoritmos heurísticos no-lineales basados en criterios probabilísticos, los cuales permiten localizar soluciones óptimas encontrando mínimos globales en la solución propuesta. Para restringir el número de modelos plausibles dado un conjunto de datos observados, se utiliza el denominado método de la Tomografía de Densidad (aproximación semiautomática), obteniendo de esta manera un modelo inicial de referencia bastante aproximado como entrada a la rutina de inversión. Mediante el paralelismo, se logró la optimización de los algoritmos desarrollados tanto en memoria compartida (Open MP, C++) como también en memoria gráfica (CUDA, C++), lo que permitió mejorar el rendimiento del programa en cuanto a tiempo. El desarrollo e incorporación de este módulo en la plataforma TerraWare de Geotem Ingeniería S.A. de C.V., tiene por objetivo la generación de modelos de fuente potencial que permitan la interpretación cuantitativa de datos magnéticos y de gravedad en términos del dominio geológico representativo de un área de estudio en particular.

EG-9

INVERSIÓN CONJUNTA BIDIMENSIONAL DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS Y GRAVIMÉTRICOS UTILIZANDO MAPAS DE CORRESPONDENCIA EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO

Carrillo López Jonathan y Gallardo Delgado Luis Alonso
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jonathan.carrillo.unam@gmail.com

En los años recientes la energía geotérmica ha recobrado relevancia como una fuente alterna de energía renovable. Como la energía geotérmica debe ser extraída del subsuelo, requiere de varios métodos de exploración en superficie para ubicar, evaluar y caracterizar las zonas con mayor potencial geotérmico. En este trabajo, se desarrolló una estrategia de caracterización de zonas geotérmicas que emplea conjuntamente datos magnetotelúricos y gravimétricos. Para lograrlo se exploró una nueva metodología de inversión conjunta basada en relaciones funcionales directas entre la densidad y resistividad del subsuelo. Se presentan los fundamentos teóricos, la solución numérica y la implementación computacional; así como la validación mediante experimentos sintéticos y la aplicación a datos de campo de la zona geotérmica de Cerro Prieto. Los resultados muestran que la asimilación de múltiples tipos de datos a través de la inversión conjunta permite: reducir la variabilidad, aumentar la coherencia y aumentar la resolución de los modelos del subsuelo. En el perfil de estudio en la zona geotérmica de Cerro Prieto, se obtuvo una relación lineal positiva entre la densidad y la resistividad. La zona del basamento de 3 a 8 km de profundidad se mostró como una zona de alta resistividad (aproximadamente 1000 ohm-m) y alto contraste de densidad, mientras que la cuenca sedimentaria, que alberga la zona de producción de energía geotérmica, mostró resistividades (1 a 10 ohm-m) y contrastes de densidad (-0.4 g/cm^3) más bajas que el basamento.

EG-10

DISCONTINUIDAD CORTICAL CONTINENTAL ENTRE LAS PLACAS DE RIVERA Y COCOS Y EL SISTEMA DE CÁMARAS MAGMÁTICAS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE COLIMA MEDIANTE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS Y GRAVIMETRÍA SATELITAL

Guevara Betancourt Randall¹, Yutsis Vsevolod¹, Arzate Flores Jorge Arturo² y Almaguer Joselin¹
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²Centro de Geociencias, UNAM
rguevarab30@gmail.com

El Graben de Colima (GC) es considerada una estructura de extensión que parece coincidir en tierra con los límites difusos de la micro placa Rivera y la placa Cocos, definiendo el límite S-SE del Bloque de Jalisco (BJ); se extiende desde el Punto Triple (PT) al Sur de Guadalajara hasta la fosa Mesoamericana al Sur de Manzanillo. El GC se correlaciona espacialmente con la zona de fractura de la placa oceánica y ha sido interpretado como una zona de ruptura cortical continental que propicia un ascenso de material del manto superior, cubriendo así el límite tectónico que debería existir en el subsuelo a causa del cambio en el ángulo de subducción entre ambas placas. lo que ha llevado a diferentes propuestas para el límite tectónico del BJ en el sector sur del GC. El presente estudio aporta en la comprensión de la fractura de la placa oceánica y cómo ésta se refleja en la corteza continental, adicionalmente busca determinar el límite entre las placas Rivera y Cocos mediante la realización de modelos gravimétricos y magnetotelúricos. Para los modelos gravimétricos han sido utilizados datos satelitales, mientras que el estudio Magnetotelúrico lo conforman un total de 52 sondeos MT con frecuencias que abarcan desde los 100 Hz a los 10-3 Hz y en sitios específicos se han implementado sondeos MT de periodo largo (LMT) para lograr alcanzar frecuencias menores a los 10-4 Hz. Los sondeos están distribuidos a lo largo de cuatro perfiles con dirección NW-SE con longitudes que van desde los 100 km hasta los 150 km y se encuentran dispuestos desde el sur del GC hasta las cercanías del Punto Triple. Los modelos muestran importantes contrastes laterales en las propiedades físicas (densidad y conductividad eléctrica) de la corteza superior. El sector norte del graben (GCN) muestra un espesor de corteza que varía entre 35 y 40 km, y excepto por la zona conductora superficial relacionada a los rellenos del graben, no se observan conductores prominentes a profundidad que se puedan relacionar con un rift activo. Sin embargo, los sectores

central y sur del graben (GCC y GCS) se caracterizan por presentar además de las anomalías de conductividad superficiales (#1-2 km), una zona de conductividad anómala a profundidad que se correlaciona espacialmente con la ubicación del complejo volcánico de Colima. En este trabajo se discuten los detalles de los modelos propuestos para el sistema de cámaras magmáticas de dicho complejo y su relación con la zona de ruptura cortical continental que separa a las placas de Rivera y Cocos. Agradecimientos: El presente estudio ha sido posible gracias a los apoyos financieros de los proyectos CONACYT CB-221487 y PAPIIT IN-116816.

EG-11

RASGOS ESTRUCTURALES Y GEOLÓGICOS SUPERFICIALES DEL GRABEN NORTE DE COLIMA Y EL GRABEN DE ZACOALCO A PARTIR DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS

Arboleda Zapata Mauricio de Jesús¹, Arzate Flores Jorge Arturo¹, Guevara Betancourt Randall² y Betancourt Mariam¹
¹Centro de Geociencias, UNAM
²IPICYT
mjarboledaz@gmail.com

El Bloque Jalisco es limitado en su parte continental por dos sistemas de extensión: el rift de Tepic-Zacoalco con rumbo NW-SE y el rift de Colima con rumbo aproximado N-S. Ambos con extensión aproximadamente perpendicular a su rumbo. Algunos estudios gravimétricos y magnéticos con interpretaciones de las estructuras superficiales (<5 km) han sido llevados a cabo en esta área, pero este el primer trabajo que mide las resistividades eléctricas con la finalidad de determinar los rasgos geológicos y estructurales a profundidades inferiores a 20 km. Se midieron 2 perfiles magnetotelúricos (MT), perfil SAY y perfil ZAC que cruzan perpendicularmente al graben norte de Colima y al graben de Zacoalco. Se realizó un procedimiento estándar en el procesamiento de los datos: transformar al dominio de la frecuencia, edición de los productos cruzados, corrección del corrimiento estático. Hay principalmente dos tipos de unidades que determinan la influencia del corrimiento estático, unidad fluvio-lacustre y unidad de rocas volcánicas alteradas, cuya corrección se realizó teniendo en cuenta el promedio de los sitios. Empleando la técnica de Swift (1967) de dimensionalidad del medio, se encontró que para el perfil SAY el medio puede ser 2D y/o 3D y para el perfil de ZAC es principalmente 1D y 2D. Usando el algoritmo de McNeise y Jones (2001) se obtuvo un azimut del "strike" eléctrico de 4° para el perfil SAY y de -67° para el perfil ZAC. Con la finalidad de poder modelar con un algoritmo 2D los sondeos de cada perfil fueron rotados al strike eléctrico. La inversión se realizó teniendo en cuenta el modo transversal eléctrico (TE), el modo transversal magnético (TM) y el tipper. El error en el ajuste para el perfil SAY fue de 3.9% y para el perfil ZAC fue de 4.4%. Ambos perfiles, muestran resistividades inferiores a 80 ohm-m asociados a sedimentos fluvio-lacustres no consolidados y a rocas volcánicas alteradas; resistividades inferiores a 1000 ohm-m se asocian a rocas volcánicas inalteradas y localmente a rocas sedimentarias Cretácicas; las resistividades por encima de 1000 ohm-m se asocian a cuerpos intrusivos del Cretácico tardío y Cenozoico. La deformación en el graben norte de Colima parece estar asociada con fallas normales de alto ángulo, cuyos límites no corresponden estrictamente al escarpe principal que limita la laguna de Sayula, sino más bien, sus límites en ambos márgenes estarían más al oeste y al este respectivamente, donde se han encontrado 2 estructuras conductivas que van de 15 a 20 km de profundidad. Por otro lado, el graben de Zacoalco, parece tener una superficie de deformación listrica cuya profundidad máxima alcanzada estaría entre 15 y 18 km con echado al sur debajo de la sierra de Tapalpa, cuyo escarpe principal estaría al Sur de la Sierra de San Marcos.

EG-12

ANÁLISIS REGIONAL E INTERPRETACIÓN DE LA SUPERFICIE VOLCÁNICA DE LA CALDERA LA PRIMAVERA, MEDIANTE MÉTODOS POTENCIALES Y SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS

Almaguer Joselin, López Loera Héctor y Guevara Betancourt Randall
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
almaguerjoselyn@gmail.com

Se presenta la interpretación cualitativa y cuantitativa de anomalías geofísicas de la caldera estructura volcánica de composición riolítica del Pleistoceno tardío situada en la porción occidental de la Faja Volcánica Transmexicana y a una distancia de orden de 50 km de la intersección de las fosas tectónicas Colima, Chapala y Tepic-Zacoalco. La información generada a partir del procesamiento de datos aeromagnéticos y gravimétricos satelitales demostró características estructurales, resaltando información con el fin de observar y analizar estructuras geológicas relevantes pertenecientes al punto triple, examinando la importancia de éste con la dinámica y estructuras dominantes en la caldera LP. Se identifican 32 dominios aeromagnéticos (DAM) caracterizados por anomalías magnéticas con rasgos físicos en un área de 160,712 km² alrededor de la caldera LP, algunos DAM's asociados a estructuras volcánicas y cuerpos intrusivos, incluyendo además a Volcán Tequila y Ceboruco. El análisis local mediante métodos potenciales muestra lineamientos de distinta orientación N-S, E-W, NW-SE, NE-SW de extensión limitada por la estructura de anillo de la caldera misma. La estructura geoelectrónica del campo geotérmico LP

se estudió mediante un perfil de orientación N-S donde el evento más sobresaliente es una cámara magmática somera y la migración de la actividad volcánica hacia el exterior de la caldera a través del sistema de fallas dominantes N55°W interpretado mediante la inversión de datos magnetotelúricos como zonas conductoras cercanas a zonas de fractura. Se examinó la estructura profunda de la caldera utilizando un modelo magnético, encontrando nuevas estructuras geológicas asociadas a anomalías magnéticas profundas, como fallas y cuerpos intrusivos permitiendo una mejor visualización y entendimiento de la subsuperficie del área de estudio mediante la interpretación de los datos geofísicos.

EG-13

GENERACIÓN DE UN MODELO DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS A PARTIR DE LA INVERSIÓN 2D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS Y DE INFORMACIÓN HIDROGEOLOGICA

Corbo-Camargo Fernando¹, Arzate Flores Jorge Arturo², Carrasco Gerardo³, Norini Gianluca³ y Hernández Javier³

¹CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche
tercorbo@geociencias.unam.mx

El Complejo Volcánico Los Hornos (LHVC), que se encuentra en el sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano (TMVB), es uno de los principales complejos volcánicos silíceos de México y actualmente ocupa el tercer lugar en producción de energía en este país. Tiene una larga y compleja evolución geológica, que implica la formación de al menos dos grandes calderas anidadas, las cuales están asociadas con grandes erupciones formadoras de ignimbritas durante los últimos 0,46 Ma (Ferriz y Mahood, 1984). La comprensión de la estructura y su influencia en la aparición de anomalías térmicas y fluidos hidrotermales del sistema geotérmico LHVC es de importancia clave para el desarrollo eficiente de este campo. En este trabajo se presentan el resultado obtenido, por el modelado 2D de 78 sondeos magnetotelúricos de banda ancha (BMT), arreglados en 6 perfiles, con puntos dentro y en la periferia del LHVC. La generación de estos modelos bidimensionales incluye el análisis del parámetro de regularización (#), además del strike eléctrico y la magnitud y distribución de los parámetros de distorsión por el método tensor de fase (Caldwell et al., 2004). Los resultados obtenidos son consistentes con la distribución estratigráfica conocida a partir de los pozos existentes en el campo y coinciden en buena medida con el sistema de estructuras y fallas geológicas cartografiadas e interpretadas (Norini et al., 2015; Carrasco-Núñez et al., 2017). En los modelos de resistividad se identifica claramente que la mayoría de los pozos productores se localizan en la zona conductora más superficial, la cual se asocia como alteración de la capa de arcilla esmectita, manifestada a partir de los fluidos geotérmicos subsuperficiales con alteración hidrotermal y mineralización. Los cambios en la resistividad eléctrica de los modelos debajo de esta capa conductiva y dentro del depósito geotérmico, es seguramente debido a la alteración propilítica que causa la formación ítila en arcillas, las cuales son típicas en depósitos de alta temperatura (> 230 ° C). Aunado a los modelos geofísicos, se realizó un cálculo hidrogeológico e hidrogeológico en la zona de estudio, identificando las zonas de recarga y descarga a partir de los escurrimientos superficiales y de la piezometría en la zona. Dicho flujos de agua, se analizaron conjuntamente con los perfiles de resistividad y con las estructuras geológicas modeladas con el fin de relacionarlos con los fluidos profundos, los cuales son los portadores del calor para el campo geotérmico y son parte fundamental para obtener un modelo conceptual del mismo. Cemte, Proyecto 05.

EG-14

MODELADO MAGNETOTELÚRICO TRIDIMENSIONAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HÚMEROS

Herrera Juan Camilo¹, Ledo Juanjo² y Arzate Flores Jorge Arturo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universitat de Barcelona

jcherrera6@hotmail.com

El Campo Geotérmico de los Hornos, se localiza en la parte centro-oriental de México. En el extremo oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. El complejo volcánico en donde se encuentra el campo geotérmico consta de dos grandes calderas de colapso y varios centros eruptivos. El campo geotérmico de los Hornos es el tercero en capacidad en producción de energía en el país. Por lo que varios recursos se han invertido para su estudio. Sin embargo, más esfuerzos son requeridos con el fin de caracterizar el sistema. En este trabajo se presenta el modelo geoelectrico 3D del Campo Geotérmico de los Hornos obtenido a partir de la inversión de diferentes perfiles magnetotelúricos. La inversión se realizó utilizando el código de inversión 3D ModEm, Egbert y Kelbert (2012). Para lo cual se contó con 66 sondeos magnetotelúricos de banda ancha (BMT), los cuales cubren un área aproximada de 192 km². Del modelo geoelectrico resaltan dos estructuras. La primera una capa somero-conductiva (resistividad menor a 10 ohm-m), la cual se asocia a una zona de alteración hidrotermal, compuesta principalmente de arcillas (Clay cap), observada frecuentemente en ambientes geotérmicos. Y una zona de resistividad media/alta subyacente (resistividad mayor a 20 ohm-m y

menor a 300 ohm-m). Como parte del proceso de inversión se presenta el análisis dimensional de los datos magnetotelúricos utilizados para la inversión. Lo cual se realizó usando como indicador los invariantes del tensor de fase, Cadwell (2004). Así como la edición de los sondeos y la selección de los parámetros de inversión. Por último, se presenta un paralelo entre el modelo geoelectrico 3D obtenido y perfiles geoelectricos 2D y datos obtenidos de registros de pozos.

EG-15

DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LA GEOMETRÍA DE LA CUENCA DE CHICONTEPEC A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS Y GRAVIMÉTRICOS

Franco Pedro¹, Corbo-Camargo Fernando² y Molina Garza Roberto S.³

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM
pedrovitorp@gmail.com

La Cuenca de Chicontepec se ubica en la provincia petrolera Tampico-Misantla, en la planicie costera del Golfo de México. Dicha cuenca posee grandes volúmenes de sedimentos arcillo-arenosos productos de múltiples flujos turbidíticos de abanicos submarinos en ambiente de aguas profunda (Busch, 1992). Estos sedimentos regionalmente presentan cuerpos arenosos con variaciones laterales y verticales, de baja permeabilidad y con trampas estratigráficas de petróleo; las principales rocas generadoras de aceite pertenecen al Jurásico Superior. Debido a la complejidad geológica de la cuenca Chicontepec, la producción de petróleo en la región se ve ineficiente y no favorable financieramente. Por lo cual se hace necesario el empleo de métodos no convencionales, i.e. fracking, sin tener en consideración los problemas socio-ambientales generados por estos en el intento de optimizar la producción. A raíz de ello, en este trabajo se propuso investigar la estructura de la cuenca a través de distintas técnicas geofísicas, entre las que se encuentran la adquisición de sondeos magnetotelúricos y el procesamiento de la información gravimétrica satelital brindada por Sandwell et. al (2009, 2013, 2014). Para este trabajo se obtuvieron 20 sondeos magnetotelúricos en campo, que constituyen un perfil ortogonal al graben de Chicontepec con una longitud de 150 km, con estaciones espaciadas de 7 a 10 km en la porción exterior a la cuenca y de 5 km en la porción interior para mejor resolución. La generación del modelo bidimensional del perfil, incluye el análisis del parámetro de regularización (#), además del strike eléctrico y la magnitud y distribución de los parámetros de distorsión del tensor de impedancia. # controla la rugosidad de los modelos de resistividad calculados. Los valores altos de # producen esencialmente modelos suavizados con un pobre ajuste de los datos, en tanto que los valores bajos de # producen un buen ajuste pero generan modelos con alta rugosidad y poco detalle, de aquí la importancia que encierra este procedimiento. Sobre el perfil magnetotelúrico se generó un perfil gravimétrico, con el fin de comparar los resultados entre ambas inversiones. Con los resultados obtenidos se generó un modelo de la cuenca, determinando los contrastes de resistividad y densidad de sus principales litologías a partir de sus propiedades físicas, en el cual es posible identificar los contactos entre las secuencias sedimentarias del Jurásico, Cretácico y Cenozoico, además del borde de la cuenca con respecto al basamento.

EG-16

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL GRABEN DE COLIMA-SECTOR CENTRAL, A PARTIR DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS

Betancourt Mariam¹, Arzate Flores Jorge Arturo¹, Guevara Betancourt

Randall², Almaguer Joselin³ y Arboleda Zapata Mauricio de Jesús⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
geofisica.betancourt@gmail.com

El Graben de Colima constituye el límite este del Bloque de Jalisco y continúa aparentemente hacia el sur, en la zona marina, en las estructuras del graben de Manzanillo y El Gordo. El área de estudio se encuentra ubicada en el sector central del Graben de Colima, justo al norte del complejo volcánico Cántaro-Nevado-Colima. El presente es el primer estudio magnetotelúrico a profundidad llevado a cabo en la zona, la cual no solo presenta un interés de tectónica regional sino que, por la cercanía del Nevado de Colima, presenta también un interés geotérmico. En este trabajo se presentan los resultados de la campaña de adquisición MT que comprende 12 estaciones medidas en el rango de 103 a 10-3 Hz, a lo largo de un perfil de orientación NW-SE que corta perpendicular las principales fallas que limitan estructuralmente al Graben de Colima en el sector central. El procesamiento de los datos incluyó desde la edición de los productos cruzados, pasando por la corrección estática y el análisis de distorsión, hasta la determinación del azimut eléctrico regional para la inversión bidimensional del tensor de impedancia y del tipper. El resultado obtenido muestra una zona de conductividad anómala (#10 km) que se conecta espacialmente con la ubicación del Nevado de Colima y que se asocia a la fuente térmica (fusión parcial y presencia de fluidos termales) de dicho edificio volcánico. En este trabajo se discuten este y otros aspectos que se observan en la sección de resistividad interpretada en términos estructurales, así como su relación con la subducción de la placa de Cocos.

EG-17

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS PETROFÍSICOS EN SECUENCIAS GRANULARES APLICANDO UNA INVERSIÓN DE AMPLITUD A PARTIR DE SEÑALES EM DE ALTA FRECUENCIA

Centeno Salas Félix Antonio y Carreón Freyre Dora
Centro de Geociencias, UNAM
facentenos@gmail.com

El método de prospección con Radar de Penetración Terrestre (RPT) permite caracterizar la variación de las propiedades físicas de materiales granulares y evaluar su distribución lateral y a profundidad. Se presentan los resultados de la aplicación de una técnica no convencional para estimar la distribución de los parámetros petrofísicos, mediante una inversión de amplitud a los datos de RPT para la estimación de la reflectividad de ondas EM de alta frecuencia. El algoritmo de inversión propuesto es computacionalmente más eficiente que los métodos de inversión convencionales, debido a que este algoritmo opera con matrices banda. La distribución de las propiedades físicas es estimada por medio de una técnica de cálculo recursivo, con la condicionante de contar con la información de la secuencia litológica superficial. Los parámetros petrofísicos son estimados mediante la aplicación de una relación empírica entre los parámetros eléctricos y los petrofísicos de materiales granulares similares a los estudiados durante el desarrollo de este trabajo. Como parte de la propuesta metodológica del trabajo se presenta una secuencia de procesos que fue validada a partir de un conjunto de modelos sintéticos, para una distribución de propiedades físicas con un margen de incertidumbre menor al 2%. La secuencia de procesos se aplicó también a una zona de estudio con depósitos granulares cuyas propiedades fueron determinadas en el Laboratorio de Mecánica de Geosistemas (LAMG) del Centro de Geociencias. Los parámetros medidos en laboratorio se compararon con los de los modelos petrofísicos propuestos en este trabajo (obtenidos mediante la secuencia de procesos). La correlación de los resultados muestra un error máximo de 3%, lo que permite validar el método.

EG-18

POLARIZACIÓN INDUCIDA USANDO LA SEÑAL CUADRÁTICA AL 100%, EN EL DOMINIO DEL TIEMPO, APLICADO A EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Constantino Rodríguez Luciano Daniel, Zepeda Herrera Catarino y Chávez Alatorre Alejandro
Departamento de Geofísica de la dirección de Exploración de Peñoles
ludanco@hotmail.com

La técnica de Polarización Inducida es ampliamente usada en minería para determinar anomalías de cargabilidad (PI) y resistividad (RES), asociadas a estructuras geológicas de interés mineral, uno de los mayores inconvenientes se encuentra en la calidad de los datos y los problemas acompañados a su adquisición lo cual implica mayores costos de operación. El objetivo de este trabajo es mediante el uso de la señal cuadrática al 100%, calcular la cargabilidad de Polarización Inducida, en el dominio del tiempo, reduciendo el tiempo de adquisición en comparación al 50% y mejorar la calidad de las lecturas en posproceso, mediante el uso de esta metodología. El cálculo de la cargabilidad al 50% consiste en medir con ventanas de tiempo el decaimiento del potencial (Voltaje), durante un tiempo posterior al corte de corriente, con el uso de la señal al 100%, la adquisición se realiza durante la inyección de corriente, midiendo el incremento del potencial asociado al material del subsuelo y a la corriente. El departamento de Geofísica de la dirección de Exploración de Peñoles, está empleando equipos de la compañía GDD, que permiten medir (receptores) e inyectar (controlador) la señal cuadrática al 100% y 50%, en trabajos 2D y pseudo-3D de Polarización Inducida y Resistividad Eléctrica. Los receptores tradicionales calculan el efecto de PI a partir de la curva decaimiento obtenida del 50% de los ciclos que se inyectan corriente, esto genera un mayor tiempo de medición en campo para cada lectura, los receptores GDD (GRx8-24) y el controlador de corriente (Tx-Controller), permite usar una adquisición al 100% de los ciclos de corriente con una sincronización vía GPS de ambos, generando la reducción del tiempo de adquisición a la mitad y además, se almacenan toda la información (corriente, tiempo GPS, día, fecha, etc.) involucrada durante la medición de los datos en cada uno de los equipos, para posteriormente hacer un pos-proceso de todos los datos, permitiendo analizarlos y en su caso mejorar la calidad de la curva decaimiento, para obtener la cargabilidad y resistividad aparente. Como resultados se presenta un caso histórico donde se empleó esta nueva tecnología en la adquisición, comparado con mediciones al usar el 50% y el 100%, mostrando las ventajas y desventajas en la adquisición de campo, así como su pos-proceso de la curva decaimiento.

EG-19

MAPEO DE CAVIDADES SUBTERRÁNEAS UTILIZANDO LOS MÉTODOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y GEORADAR, AL SUR DE MÉXICO

Rocha Carrillo José Alberto¹, Camargo Guzmán David² y Osorio Erick³
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²PEMEX
joserochacarrillo@gmail.com

El objetivo es realizar un modelo de las cavernas calcáreas subterráneas al sur de México; con base en la aplicación de las técnicas de tomografía eléctrica y georadar. Utilizar más de una técnica de prospección ayuda a reducir el problema de equivalencias. Este trabajo propone un modelo geológico geofísico estructural de las cavernas calcáreas subterráneas en una zona de estudio al sur de México. Se seleccionaron las técnicas previamente mencionadas debido a que nos dan información no solo a profundidad, sino también transversalmente. La tomografía eléctrica en calizas obtiene una mejor visualización de las anomalías. El método de georadar ha mostrado resultados positivos para ubicar posibles cavernas en zonas donde la geología predominante es de calizas. Al correlacionarlas nos dan una imagen altamente precisa de cómo están distribuidas las diversas cavidades, además estos estudios son de bajo costo y su desarrollo en campo es relativamente rápido (cerca de tres semanas entre los dos métodos). La investigación que se presenta se divide en las etapas que se mencionan a continuación. • La primera parte se encarga de explicar cómo se diseñó el programa y la adquisición en campo, así como las características generales de la zona de estudio. • Seguido de esto, se hizo un control de calidad y procesamiento de los datos obtenidos en campo. • Por último se hizo la integración e interpretación básica, y se ubicaron las zonas de cavernas.

EG-20

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOELÉCTRICA PARA LA GENERACIÓN DE UN MODELO DEL ACUÍFERO CUENCA DE LA INDEPENDENCIA

Castro-Soto César¹, Corbo-Camargo Fernando² y Li Yanmei³
¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM
²CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM
³Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Guanajuato
csr.daniel89@gmail.com

Los métodos geofísicos en la exploración hidrogeológica pueden ser aplicados a diferentes escalas, desde estudios someros y muy puntuales, como en el caso de trabajos de remediación de aguas, hasta la caracterización regional de la geometría de una cuenca hidrogeológica como es este caso. Los métodos de prospección eléctrica y electromagnética, por campos continuos o variables y de fuente natural o controlada, han sido comúnmente utilizados en la caracterización hidrogeológica debido a que la resistividad eléctrica del subsuelo se ve mayormente influenciada y afectada por la presencia de fluidos. Aunque cada una de estas técnicas posee diferencias en su resolución, sensibilidad y profundidad de investigación, por lo tanto, la correcta integración de sus datos resulta esencial en la modelación del funcionamiento de un sistema acuífero como es este caso, desde los primeros metros hasta profundidades de kilómetros. Para obtener el modelo geofísico de la Cuenca de la Independencia se recolectaron 109 sondeos geofísicos, que se añadieron a una base de datos proporcionada por la CEA-Guanajuato, contando con un total de 27 sondeos Audiomagnetotelúricos (AMT), 32 sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM) y 78 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). La integración de los datos de resistividad eléctrica de los diferentes métodos empleados mejora la robustez y la resolución del modelo final, así como aporta más información al momento de la interpretación y la correlación con la información geológica, sin embargo, relacionar la información de las tres metodologías utilizadas no resulta ser una cuestión trivial, debido a la naturaleza y los fundamentos de cada metodología aplicada. El análisis de la dimensionalidad geoelectrónica de los datos AMT indica que el medio se comporta en su mayoría como 1D, excepto en los límites de la cuenca y para ciertos periodos largos, en el que la metodología del tensor de fase sugiere una dimensionalidad 2D o 3D. Por otra parte, la dirección preferencial del flujo electromagnético para cada perfil fue estimada mediante el código STRIKE. Si bien es cierto que la inversión 1D podría resultar en un modelo que sea compatible con la mayoría de los datos, se recurre a la aplicación del algoritmo de inversión bidimensional de los gradientes conjugados no lineales (NLG), con la intención de resolver el problema 2D en las zonas antes mencionadas. Además, se propone una metodología que permite integrar la información de los SEV y TEM escalando su respuesta al dominio de periodos AMT, con la intención de realizar la inversión de la información de las tres metodologías mediante el algoritmo NLG. El producto de esta metodología resulta en un modelo que logra integrar tres métodos geofísicos de diferente naturaleza y resolución, logrando caracterizar desde los primeros metros con ayuda de los SEV y TEM, hasta más allá del primer kilómetro de profundidad con la información magnetotelúrica.

EG-21

INTERPRETACIÓN Y CORRELACIÓN DE MODELOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 1D AL ORIENTE DE CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

Fuentes-Márquez Abril y Fuentes Arreazola Mario Alberto
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
lmd_abril@hotmail.com

Los métodos de prospección geofísica basados en corriente directa pueden ser utilizados para definir la distribución de resistividades en la parte más somera del subsuelo. Una de las técnicas más versátiles y ampliamente utilizada son los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), particularmente el arreglo Schlumberger. En este trabajo se reportan los resultados del procesamiento, interpretación e integración de cinco SEV's realizados en las inmediaciones del Campus III de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; y su correlación con la profundidad del nivel freático superficial presente en la Isla de Ciudad del Carmen. Debido al contexto geológico de la zona de estudio, la mayoría de los estudios de exploración geofísica han sido llevados a cabo costa afuera, siendo escasa la información disponible de la distribución de resistividades en la parte terrestre somera, por lo que el presente trabajo busca ser un marco de referencia para el proyecto y desarrollo de las obras de infraestructura que la sociedad demanda.

EG-22

INVERSIÓN 2D Y 3D DE DATOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA CON EQUIPOS ACOPLADOS CAPACITIVAMENTE

Arellano Castro Rocío Fabiola y Gómez Treviño Enrique
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
rarellan@cicese.edu.mx

El método capacitivo-resistivo (CR) es una técnica en la exploración geofísica somera relativamente nueva que permite la rápida adquisición de datos en campo sobre terrenos difíciles como suelos congelados, pavimento o áreas muy resistivas. El principio físico consiste en circular una corriente alterna (CA) a través de una antena fuente lineal que junto con el suelo opera como capacitor. La CA generada en el transmisor, pasará del cable al subsuelo, ahí a su vez generará un voltaje que será medido en una antena receptora. El mecanismo entre las antenas y el subsuelo es predominantemente capacitivo y los efectos de inducción pueden ser despreciables. Recuperamos la distribución de resistividades en el subsuelo a partir de mediciones CR suponiendo que las propiedades eléctricas varían arbitrariamente de punto a punto. Utilizando funciones Hanning podemos modelar cuerpos continuos con bordes suaves. El problema inverso se plantea en términos de las amplitudes de estas funciones, lográndose imágenes suaves de los objetos sin tener que incrementar el número de celdas de la rejilla. Adicionalmente, presentamos una herramienta para evaluar la confiabilidad de los modelos obtenidos por inversión sobre distribuciones 2D-3D de resistividad eléctrica, a partir de calcular modelos extremos. Para esto se minimiza el momentum del modelo inverso alrededor de dos profundidades extremas, obteniéndose por un lado una imagen somera cuya respuesta se ajusta a los datos, y otra profunda que igualmente los ajusta. Con base en estos modelos extremos se define un modelo final intermedio que a su vez satisface los datos. Si los datos permiten modelos válidos centrados a muy diferentes profundidades entonces la interpretación no es confiable, mientras que si no se dispersan mucho la interpretación es confiable.

EG-23

ANOMALÍAS DE CONDUCTIVIDAD APARENTE PRODUCIDAS POR PLACAS CONDUCTORAS AL UTILIZAR UN DIPOLO MAGNÉTICO VERTICAL QUE OPERA EN EL LÍMITE RESISTIVO

Méndez Delgado Sóstenes, García Peña Ángel y Garza Rocha Daniel
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
sostenes.mendezdl@uanl.edu.mx

Equipos como el EM31, 34 y 38 de Geonics, Ltd., o como el CMD-Explorer de GF Instruments, operan en el límite resistivo y son utilizados para obtener la conductividad del terreno. Los equipos consisten de al menos un par de bobinas, una de ellas utilizada como transmisor y la(s) otra(s) como receptor. Las configuraciones que se utilizan al medir son: dipolo magnético horizontal (DMH) y dipolo magnético vertical (DMV). Existen algoritmos numéricos para obtener la conductividad aparente producida por modelos 1D y de cuerpos 3D. Aquí se presenta el modelado de placas conductoras inmersas en un semiespacio resistivo, las placas pueden ser verticales, horizontales u oblicuas. El interés para utilizar este tipo de modelos es porque existen cuerpos geológicos que pueden ser simulados por placas. El método utilizado es el de ecuación integral y para el cálculo de las anomalías se trabaja con un algoritmo numérico basado en la respuesta de cuerpos 3D. Se muestran resultados de la conductividad aparente producida por placas conductoras verticales, horizontales u oblicuas, para la configuración de DMH, cuando se realizan mediciones a través de perfiles y mallas.

EG-24

INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE TERRAWARE DE GEOTEM INGENIERÍA. MÓDULO PARA EL PROCESAMIENTO, MODELADO E INVERSIÓN DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS OBTENIDOS MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSITORIO ELECTROMAGNÉTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (TDEM).

Huante Arana Francisco Enrique, Pita de la Paz Carlos,
Colchado Casas Juan Carlos y Sánchez Galindo Luis Alfredo
Geotem Ingeniería S.A. de C.V. - Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación
fha.geotem@gmail.com

El método Transitorio Electromagnético en el Dominio del Tiempo (TDEM) como método de caracterización geoelectromagnética, ha sido ampliamente utilizado en diversas aplicaciones dentro de la exploración geofísica. Como parte de la plataforma de software computacional TerraWare, desarrollada por el grupo de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de Geotem Ingeniería S.A. de C.V. en este trabajo, se presentan los aspectos más relevantes del módulo de procesamiento, modelado e inversión para datos electromagnéticos por transitorio electromagnético en el dominio del tiempo (TDEM) y su aplicación sobre algunos casos de estudio. Este módulo desarrollado en librerías C++ y QT (bajo licencias GPL & LGPLv3) ofrece diversas opciones, relevantes en la interpretación y visualización de datos por TDEM con una interfaz robusta, moderna, cómoda y adaptable a cualquier tipo de configuración y/o combinación según las condiciones específicas del trabajo de adquisición. El módulo TerraWare-TDEM permite el cálculo de la resistividad aparente a partir del tratamiento estadístico de las curvas de decaimiento de voltaje; una vez calculada dicha resistividad, se trabaja con el modelado electromagnético a partir del esquema propuesto en el programa Beowulf (Raiche et al, 2008 bajo licencia GPL), considerando soluciones para un modelo de tierra estratificada. Dicho programa fue modificado y adaptado para su implementación con los datos obtenidos por TDEM. Posteriormente, para la inversión unidimensional, TerraWare-TDEM utiliza dos esquemas de inversión (optimización no-lineal); el primero de ellos está basado en la Inversión suavizada de Occam (Constable et al, 1987), adecuado para el tratamiento de modelos suavizados y, en segundo lugar, el algoritmo de Marquardt-Levenberg (W. Menke, 1984), ambos códigos escritos en FORTRAN 95. Lo anterior permitió analizar y comparar entre diferentes conjuntos de datos utilizando el error estándar como criterio estadístico en el ajuste entre los modelos generados y los datos observados. La incorporación de este módulo a la plataforma TerraWare de Geotem Ingeniería S.A. de C.V. permite analizar, reforzar y llevar a cabo procesos de alto valor tecnológico con una herramienta computacional propia, siguiendo la línea de trabajo que Geotem ha adoptado en este nuevo ciclo.

EG-25

INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE TERRAWARE DE GEOTEM INGENIERÍA. MÓDULO PARA EL ANÁLISIS, PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS SÍSMICOS DE POZO MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE DOWNHOLE Y CROSSHOLE.

Pita de la Paz Carlos¹, Colchado Casas Juan Carlos¹, Huante Arana Francisco Enrique¹, García García Cesar Emilio² y Sánchez Galindo Luis Alfredo¹
¹Geotem Ingeniería S.A. de C.V. - Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación
²Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
cpita@geotem.com.mx

La técnica sísmica de Downhole (Auld B., 1977) permite medir los tiempos de viaje (cambios verticales en la velocidad de las ondas sísmicas) en múltiples intervalos dentro de un pozo a profundidad cuando una fuente está ubicada por encima de este. Por su parte, la técnica Crosshole (Ballard, 1976) mide la velocidad sísmica entre pozos adyacentes, mientras que la fuente es desplazada continuamente sobre el pozo. Como parte de la plataforma de software computacional TerraWare, desarrollada por el grupo de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de Geotem Ingeniería S.A. de C.V. En este trabajo se presentan los aspectos más relevantes del módulo para el análisis, procesamiento e interpretación de datos sísmicos mediante las técnicas de Downhole y Crosshole, TerraWare-SBH. Este módulo desarrollado a través de MATLAB® Guide, permite utilizar datos sísmicos registrados con sensores de diferente número de canales (3 a 7 canales), con posibilidad de realizar el procesamiento de las trazas registradas (apilamiento y filtrado en frecuencia, así como la determinación de los tiempos de arribo). Los datos de salida de este módulo corresponden a los perfiles de velocidad sísmica calculados (V_p y V_s) y a los módulos elastodinámicos estimados a partir de la información registrada. La interfaz realiza una operación de apilamiento automático que optimiza el tiempo de análisis, logrando el despliegue de trazas polarizadas (para el caso de fuentes reversibles) con el objetivo de apoyar en la determinación de los tiempos de arribo basándose en la polarización de la energía. El módulo incluye la posibilidad de aplicar funciones básicas de filtrado (pasa-bandas, supresor de bandas, pasa-altas y pasa-bajas), al obtener el espectro de Fourier para cada traza. Una vez determinados los tiempos de arribo, el módulo TerraWare-SBH permite desplegar de forma gráfica los resultados tanto para la estructura de velocidades (Onda P y S), así como los diferentes módulos elastodinámicos. Los resultados que

ofrece esta plataforma se demuestran a través de algunos casos de estudio propios de la actividad de caracterización geotécnica para proyectos de ingeniería.

EG-26

CONVERSIÓN TIEMPO A PROFUNDIDAD DE DATOS SÍSMICOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE CÓDIGO ABIERTO

Sánchez Ramírez Sergio Abelardo¹, Chávez Perez Sergio², Romero de la Cruz Oscar³, Garza Rocha Daniel¹, Nieto Baltazar Javier³ y Vargas Meleza Liliana²

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto Mexicano del Petróleo

³Facultad de Ingeniería, BUAP
sergioarmz_uanl@hotmail.com

El gran interés por mejorar la exploración y producción de hidrocarburos está relacionado directamente con la calidad del procesamiento y post-procesamiento de datos sísmicos, ya que los modelos geológicos que revelan formaciones con contenido potencial de petróleo y gas se basan en imágenes sísmicas. La Conversión tiempo a profundidad es parte del post-procesamiento de datos sísmicos, es de gran relevancia y uso cuasi cotidiano. Este proceso pasa de un dominio a otro con la finalidad de visualizar mejor en profundidad zonas estructuralmente complejas. Para poder realizarlo debemos obtener un modelo de velocidad y aplicar alguna de las técnicas disponibles. Por ejemplo, mediante simple escalamiento, trazado de rayos o propagación de frente de onda, y realizada con costosas paqueterías comerciales, lo que deja fuera del alcance a estudiantes, profesores, investigadores o profesionales de la práctica que desean incursionar en el tema. Actualmente la reproducibilidad computacional en geociencias promueve la distribución gratuita de códigos, con el fin de obtener resultados, crear figuras y material didáctico y mejorar las técnicas disponibles. En este trabajo presentamos una revisión del estado del arte de la conversión tiempo a profundidad en dos dimensiones, utilizando modelos de velocidad simples y complejos, y técnicas disponibles como herramientas de código abierto (e.g., Madagascar, Seismic Unix, OpendTect, etc), mostrando la factibilidad de realizar con recursos convencionales de cómputo, para fines de docencia e investigación, e incluso prácticos, disminuyendo costos y dependencia de herramientas comerciales, y elevando el nivel técnico del usuario.

EG-27

CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO EN UN SECTOR DEL VALLE DE MEXICALI A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D

Reyes Martínez Carlos Simón¹, González Escobar Mario², Montalvo Arrieta Juan Carlos³ y Alvarado Olmeda Juan Artemio³

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
saimonplusplus@gmail.com

En este trabajo se realizó el procesamiento e interpretación de secciones sísmicas de reflexión 2D multicanal terrestres en el área del Valle de Mexicali, Baja California. La información con que se trabajó fue adquirida por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en los años de 1981 a 1983, en la que se utilizó como fuente sísmica 4 vibradores, el sistema de grabación fue un sismógrafo de 48 geófonos espaciados a 50 metros con un intervalo de muestreo de 4 ms y una longitud de grabación de 4996 ms. Se aplicó una secuencia de procesamiento típica para los datos adquiridos, que consta de las siguientes etapas: 1) Pre-apilamiento: Geometría, Corrección de estáticas de elevación, Deconvolución, Supresión de ruido aleatorio, Estáticas de refracción 2) Apilamiento: Análisis de velocidad, Corrección de estáticas residuales (2 veces), Corrección de estáticas Trim, Apilamiento 3) Pos-apilamiento: Compensación de amplitudes, DMO y Migración. Para interpretación se caracterizaron las principales fallas dominantes de la zona, cuencas, así como sus principales reflectores sísmicos. Con todo esto se pretende contribuir al conocimiento tectónico de dicha área, auxiliar en el análisis de riesgo sísmico, y contribuir a la exploración geotérmica del lugar. Los resultados muestran en el norte del valle de Mexicali: el corte de la Falla Imperial, fallas sepultadas por sedimentos ubicadas debajo de la ciudad de Mexicali, anomalías probablemente relacionadas con actividad geotérmica, al norte del Campo Geotérmico Cerro Prieto, se observa un paquete sedimentario de probable edad cuaternaria, y al oeste la raíz somera de la Sierra Cucapah. En un sector más al sur se observan las características estructurales de la región norte de la cuenca Montague, su basamento a los ~3 s en TVD y un intrusivo profundo a los ~4 s en TVD, y se modificó en su parte norte el rumbo de la falla La Mesa reportado anteriormente.

EG-28

SÍSMICA PASIVA DE MICROTREMORES PARA LA DETECCIÓN DE YACIMIENTOS DE SHALE GAS/OIL

Aguirre Jorge¹, Sánchez-Sesma Francisco J.¹, Ramírez Guzmán Leonardo¹, Chávez-García Francisco¹, Pertout Mathieu², Avila-Carrera Rafael³ y Robles Mendoza Alejandra¹

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto Mexicano del Petróleo

joagg@pumas.iingen.unam.mx

El objetivo de este proyecto es aplicar la experiencia conjunta del Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) y del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) en la adquisición, procesamiento e interpretación de datos de banda ancha, ruido sísmico y sísmica pasiva de microtremores para obtener información orientada al análisis, evaluación y determinación de "sweet spots". Consistió en realizar investigaciones de las propiedades elásticas del subsuelo para caracterizar la estratigrafía en yacimientos potenciales de lutitas gasíferas y aceítíferas. Para ello se instalaron en total 6 arreglos de 21 sensores de banda ancha que registraron vibración ambiental durante al menos 72 horas en cada arreglo. Los datos fueron procesados utilizando el método SPAC y métodos que utilizan correlaciones de pares de estaciones. Con las correlaciones entre pares de estaciones se recuperó la parte de la función de Green correspondiente a ondas superficiales. Ello hizo posible obtener buenas estimaciones de velocidades de fase y grupo a partir del análisis cuidadoso de las correlaciones. Con el método SPAC se pudo identificar y caracterizar dispersión de ondas superficiales de Rayleigh en el rango aproximado de 0.15 a 4.5 Hz. Con ello se obtuvieron estimaciones de perfiles de velocidad para profundidades mayores a 1600 m. Aunque la resolución de los modelos obtenidos por cada método por separado fue insuficiente, fue incrementada al realizar la inversión conjunta tanto de las curvas de dispersión de velocidad de fase de las ondas Rayleigh como de las curvas de dispersión de velocidad de grupo de las ondas de Rayleigh y Love. Se construyeron y reportaron volúmenes 3D de la distribución de Vp, Vs y densidad obtenidas de la inversión. A partir de la distribución de ellos, se obtuvieron las distribuciones 3D de Vp/Vs, módulo de rigidez, módulo de Young, constantes de Lamé, cociente de Poisson y módulo de compresibilidad. Esta información está directamente orientada al análisis, evaluación y determinación de sweet spots. Una manipulación de estos datos permite delimitar regiones con potencial de generar sweet spots desde el punto de vista de las propiedades elásticas.

EG-29

CÁLCULO DE SISMOGRAMAS SINTÉTICOS EN EL DOMINIO DE LA TRANSFORMADA ONDULAR DISCRETA EN SÍSMICA DE REFLEXIÓN

Rojas Cardenas Jesús Alberto y Lozada Zumaeta Mario Manuel
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN
jaroasc09@hotmail.com

Los sismogramas sintéticos contribuyen significativa y complementariamente a la interpretación de datos sísmicos de reflexión, los que integrados con los registros geofísicos de pozo favorecen la correlación de las trazas sísmicas con información estratigráfica o estructural. La evaluación de un sismograma sintético puede realizarse en el dominio original del tiempo (tiempo-espacio) o en un dominio transformado. En el dominio transformado requerirá la elección entre el dominio de las frecuencias de la transformada de Fourier o el de dominio tiempo-frecuencia (tiempo-frecuencia) de la transformada de ondícula, la que en principio incorpora la naturaleza transitoria de señal sísmica y supera parcialmente una de las limitaciones críticas del análisis de Fourier relacionada con su indeterminación en el dominio del tiempo. La transformada de ondícula discreta surge inicialmente en el procesamiento de datos sísmicos y su desarrollo más significativo data de la década de los ochenta y principios de la de los noventa, en las que se establecieron sus fundamentos rigurosamente y abrieron el campo de posibles, numerosas y multidisciplinarias aplicaciones. Este trabajo analiza, establece el procedimiento y contrasta los resultados relacionado con la generación de sismogramas sintéticos en el dominio de la transformada de ondícula discreta, considerando la propagación vertical de una onda plana en una medio estratificado horizontal.

EG-30

MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ROCAS EN EL CRÁTER DE CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO

Salguero Hernández Eduardo¹ y Urrutia Fucugauchi Jaime²

¹Facultad de Ingeniería, UNACAR

²Instituto de Geofísica, UNAM
lalofis@hotmail.com

El cráter de impacto de Chicxulub ha sido estudiado con el propósito de conocer la estructura del cráter y litología, entre otros intereses. Sin embargo, no se tiene definida la distribución de rocas de impacto a profundidades mayores del piso de la cuenca debido a la carencia de reflectividad sísmica de la roca y la falta de núcleos a profundidades mayores a 1.6 km en un radio menor al primer anillo. En nuestro estudio, usamos los atributos sísmicos para generar mapas multicolores sobre un

corte oblicuo a 20 km del centro del cráter y una profundidad de 6 segundos. El corte al cráter está constituido por dos líneas sísmicas 2D: Chicx-A0 y Chicx-A1, las cuales son colineales y corren a través del cráter en la dirección Oeste-Este. Los atributos sísmicos empleados son: Amplitud Envolvente, Frecuencia, Fase y Similitud. En este trabajo, se presenta un modelo preliminar de la disposición espacial de las principales unidades litológicas pre y pos impacto: carbonatos del Terciario, brechas ricas en carbonato, brechas ricas en cuarzo, roca de fusión y carbonatos del Cretácico. Este modelo de distribución de la roca no permite visualizar la estructura interior y profunda del cráter como el levantamiento central. Sin embargo, se puede identificar la presencia y el alcance de las terrazas carbonatadas inmersas en un gran volumen de roca fundida. El uso y estudio de los atributos sísmicos podrían ser una opción real para la obtención de un modelo más preciso de distribución litológica de impacto al interior del cráter donde la presencia de grandes volúmenes de roca fundida, alta densidad de fallas y fracturas no permiten eventos sísmicamente reflectivos.

EG-31

MONITOREO Y MODELOS ACÚSTICOS QUE RESPALDAN LOS LINEAMIENTOS DE LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS

Vallarta Jonathan y Pyc Cynthia
JASCO Applied Sciences, JASCO
jonathan.vallarta@jasco.com

JASCO Applied Sciences ha completado varias evaluaciones de monitoreo y modelos acústicos en el norte del Golfo de México usando los lineamientos publicados en el 2016 por el Servicio Nacional de Pesca Marina (NMFS por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Por otra parte, a finales del mismo año se dieron a conocer las disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para realizar las actividades de reconocimiento y exploración superficial, exploración y extracción de hidrocarburos en aguas mexicanas. Una comparación de ambos lineamientos muestra que el monitoreo y modelos acústicos generados a través de los años por JASCO en el norte del Golfo de México, pueden ser de gran relevancia para las evaluaciones ambientales de las próximas exploraciones sísmicas en aguas mexicanas.

EG-32

ÁREA DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPOS GEOFÍSICOS EN EL INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA A.C.

Torres Gaytán David Ernesto y López Loera Héctor
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
david.torres@ipicyt.edu.mx

En la búsqueda de metodologías de interpretación de datos para diversas técnicas geofísicas, los expertos han optado por encontrar soluciones que les permitan realizar lo que se conoce como modelado e inversión de datos. En el modelado de datos se dan por conocidos los parámetros del modelo y se calcula la respuesta que se produciría ante un fenómeno físico (magnético, por ejemplo). Generalmente dichos datos (sintéticos) son utilizados como información para probar algoritmos numéricos de inversión de datos, donde a través de ellos se busca un modelo que ajuste a dichos datos. Otra manera de probar tanto algoritmos de modelado como de inversión de datos es recurrir al modelado físico por medio de áreas de pruebas donde se tengan cuerpos (de diversas geometrías) bajo la superficie terrestre en condiciones controladas. En el transcurso de este año se realizó la construcción de un campo de pruebas geofísicas en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., con tres finalidades: 1) académica, 2) investigación y 3) certificación de nuestros equipos geofísicos con las normas ISO 9000 e ISO 14000. El campo de pruebas geofísicas consiste de una superficie de 150 m². Durante su construcción se le dio seguimiento aéreo con un dron (Phantom 3, DJI) para lograr un mapeo bien definido. En esta área fueron sepultados 7 tanques de 200 L de capacidad rellenos con metal-ferro y sumergidos a distintas profundidades 0.5, 1, 2 y 3 m y diferentes orientaciones (horizontal/vertical). Previo a la construcción del campo de pruebas se realizaron mediciones geofísicas de magnetometría, eléctricas y electromagnéticas. El campo de pruebas fue diseñado para calibrar equipos de medición como magnetómetros, gravímetros, eléctricos, electromagnéticos además de realizar prácticas e investigación. En este trabajo se muestran el diseño del campo de pruebas, así como las mediciones geofísicas previas y posteriores a su construcción.

EG-33 CARTEL

DEFINICIÓN DEL PARÁMETRO VR40 PARA LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Díaz Flores Laura Elena¹ y Rodríguez Miguel²
¹Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl
²Instituto de Ingeniería, UNAM
laudiazflores@gmail.com

Se presenta el modelo conceptual y los avances en instrumentación de una propuesta de ensayo novedoso que intenta medir directamente en el campo la velocidad de fase asociada a la longitud de onda de 40 metros, para utilizarla como sustituto del parámetro Vs(30). La propuesta se sustenta sobre la relación $Vs(30)=a?Vr(40)+b?$, que resultó del análisis de la relación entre las velocidades Vs(30) y Vr(40) de un conjunto de 40 curvas de dispersión de velocidad de fase de ondas de Rayleigh y las estructuras someras asociadas de la velocidad de corte, obtenidas en zona de lago de la cuenca de México

EG-34 CARTEL

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA VISUAL PARA LA INVERSIÓN 2D/3D DE RESISTIVIDAD

Zavala-Ibarra Ivan, Pérez Flores Marco Antonio y Herrera-Barrientos Fernando
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
izavala@cicese.mx

En el presente trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma visual de inversión 3D con datos de resistividad DC con arreglos tetra polares y datos de electromagnéticos a bajos de números de inducción (LIN). Los códigos de inversión son los desarrollados por Perez-Flores et al. (2001, 2005, 2012). En inversión 3D de DC, se puede usar conjuntamente datos de Dipolo-dipolo, Schlumberger, Wenner o cualquier arreglo arbitrario tetrapolar. Se determina la resistividad verdadera a partir de resistividades aparentes o bien razones de diferencia de potencial entre corriente. La inversión 3D de electromagnéticos LIN, se determina la conductividad verdadera a partir de las conductividades aparentes de arreglos Dipolos Magnéticos Coplanares tanto Verticales y Horizontales. La inversión de ambos arreglos es conjunta. La plataforma visual, desarrollada en el lenguaje de programación Python, ejecuta ambos programas de inversión. Corren de manera independiente de momento, pero el software interactivo permite bajar los datos directamente de algunos formatos de equipos comerciales (como supersting, syscal, otros). Se elijen los parámetros de inversión de manera automática para usuarios no expertos y da la opción de modificar los parámetros de inversión para usuarios expertos. La rejilla de inversión 3D supone un conglomerado de prismas que simulan el subsuelo. Esta rejilla puede ser diseñada automáticamente por el software para usuarios no expertos o ser establecida por el usuario. Esta plataforma de inversión 3D es una versión preliminar de la que se está haciendo hacia una plataforma más completa de inversión para determinar conductividades, pero también susceptibilidades magnéticas para geofísica superficial. Se muestran diversos ejemplos de inversión 3D.

EG-35 CARTEL

ESTRUCTURA SÍSMICA DE LA LITOSFERA AL OESTE DE LAS ISLAS MARIAS

Acosta Hernández Jorge Alberto¹, Núñez Escribano Diana², González Fernández Antonio³, Núñez Cornú Francisco Javier² y Carrillo de la Cruz Juan Luis⁴
¹División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
²Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVoc
³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
⁴Instituto de Geofísica, UNAM
jorge.acosta@ujat.mx

El estudio sísmico de la región occidental de las Islas Marias ha sido llevado a cabo a lo largo del perfil de sísmica de reflexión multicanal (MCS) denominado TS08 del proyecto TSUJAL. Este perfil consta de una línea marina de aproximadamente 173 km de longitud con un disparo cada 50 m. En total se realizaron 3,546 disparos a lo largo de la línea con un volumen total de la fuente sísmica de 3,540 pulgadas cúbicas. Estos disparos fueron registrados por un streamer digital de 5.85 km de 468 canales y fondeado a 10 m de profundidad. La distancia entre canales fue de 12.5 m. Estos datos fueron adquiridos a bordo del buque de investigaciones oceanográficas RRS James Cook. En este trabajo, se ha realizado la conversión de la imagen sísmica en el dominio de tiempo al dominio de profundidades y su posterior comparación con el modelo de velocidades y profundidades obtenido a partir de datos de sísmica de gran ángulo en una línea coincidente denominada RTSIM02 del mismo proyecto. La información cortical al oeste de las Islas Marias y al norte de la zona de subducción de la Placa Rivera bajo el Bloque de Jalisco aportada por ambos perfiles revela la presencia de 5 cuencas sedimentarias, así como los diferentes estratos que componen la litosfera en nuestra región de estudio. Por otra parte, no es posible definir la discontinuidad entre la corteza y el manto a partir de la imagen de MCS debido a la falta de resolución temporal. Sin embargo, dicha discontinuidad se encuentra bien caracterizada a partir de los datos de sísmica de gran ángulo, donde es posible definirlo a una profundidad de 10 km en la parte

NW del perfil que aumenta gradualmente hacia el SE hasta 22 km y con un contraste de velocidad de 6.5 km/s a 7.9 km/s.

EG-36 CARTEL

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DE UNA ONDA SÍSMICA MEDIANTE PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA

Mancha Matamoros Yamely Michel, Soto Villalobos Roberto y De León Gloria Reyna Concepción
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
mcr_yamely@hotmail.com

Una onda sísmica generada que incide en un campo viajará a través del subsuelo, suponiéndose un medio homogéneo e isotrópico (de forma tal que la trayectoria del rayo es simétrica), hasta llegar a la interfase. Las ondas sísmicas se propagan hacia el interior de la tierra y se miden los tiempos de viaje de las ondas que regresan a la superficie después de que éstas se refractan o reflejan en límites geológicos presentes en el subsuelo. Por lo que el siguiente trabajo hablará acerca del tiempo en que tarda en llegar una onda sísmica al subsuelo atravesando una capa y posterior a ello ir agregando el número de capas que sean posibles, haciendo dos suposiciones, la primera que el rayo se refracte y la segunda que el rayo se refleje. Estas dos suposiciones tienen como fundamento principal la Ley de Snell. Las leyes de la reflexión y la refracción se derivan por el principio de Huygens cuando se considera un frente de onda que incide sobre una interfase que suponemos sea plana. Con el tiempo que tarda el rayo en llegar al receptor se puede determinar la ecuación de tiempo de arribo teniendo en cuenta los principios fundamentales de la sismología como lo es uno de ellos el Principio de Fermat. Un lenguaje de programación llamado R-Estudio nos ayudará a determinar el tiempo de llegada de la onda mediante programación evolutiva, dicha estrategia nos facilitará encontrar el tiempo que recorre la onda desde su fuente hasta su receptor, resolviendo así el sistema de ecuaciones que se obtuvo al determinar la ecuación del tiempo de arribo.

EG-37 CARTEL

TRAZADO DE RAYOS MEDIANTE EL MÉTODO DE TIRO Y BÚSQUEDA EXHAUSTIVA

Rendón González Jesús Rolando y Soto Villalobos Roberto
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
jesus.rendongnz@uanl.edu.mx

En este proyecto se empleó el método de tiro y búsqueda exhaustiva para representar el trazado de rayos, en donde los rayos son emitidos desde una fuente y se propagan bajo una superficie de manera rectilínea a través de un medio homogéneo, que al llegar a una interfase se reflejan y se refractan mediante la Ley de Snell, hasta llegar a un receptor (Geófono), siendo el principio básico de la sísmica de reflexión. En los modelos planteados se ilustran tres medios donde pueden ocurrir uno de los siguientes casos: en el primer caso se involucra sólo a un medio por ende se tendrá una reflexión, en el segundo caso se tiene que el rayo pasa a un segundo y tercer medio, dando paso a la refracción y reflexión de manera consecutiva. La manera en la que se encuentra al geófono es mediante la búsqueda exhaustiva o fuerza bruta, este método consiste en barrer todo el espacio de búsqueda y evaluar las posibles respuestas dejando a la mejor aproximación como resultado único. La búsqueda exhaustiva es muy buena opción cuando se requiere encontrar una solución única dando un cierto rango de error y entre más pequeño sea ese rango más tiempo de cómputo consumirá, por ese motivo se planea emplear algoritmos evolutivos para disminuir el rango de error y disminuir el tiempo de cómputo de manera significativa. También se propone para la continuación de este trabajo crear diversos modelos para representar la sísmica de refracción en base a la teoría de la propagación de las ondas estudiadas en la geofísica.

EG-38 CARTEL

SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN LA CANTERA "LA JOYA", TEMAMATLA, ESTADO DE MÉXICO

De la Rosa Arévalo César Gustavo, Serrano Ortiz José, Morales Vargas Marco Antonio y Vargas Sánchez Rafael
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
cesar.delarosa@gmail.com

Se realizó una campaña de exploración geofísica y geológica en una mina de Basalto y Tezontle en proceso de explotación, localizada en el municipio de Temamatla, Estado de México. La mina es conocida por el nombre de "La Joya" y se llevaron a cabo estudios de Prospección Eléctrica en la modalidad de Sondeos Eléctricos Verticales, estos, con el fin de interpretar e inferir la distribución de los materiales mediante el conocimiento de la resistividad del subsuelo a distintas profundidades; Así mismo se realizó un levantamiento geológico del terreno para correlacionar la geología superficial con los resultados obtenidos de los SEVs. El procesamiento de los datos se realizó mediante el software IPI2win y se utilizó el software Voxler para interpolar los datos, crear y visualizar un modelo tridimensional del terreno, con la finalidad de identificar los principales bancos de material a explotar y para realizar un cálculo del volumen de los materiales encontrados. El objetivo del estudio es planear

la campaña de explotación de la mina y de voladuras y de esta manera reducir los costos y el tiempo de explotación de la mina.

EG-39 CARTEL

EVALUACIÓN DE IMÁGENES LANSAT-8 DEL VOLCÁN EL CHICHÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS PROBABLES EN LA ZONA

Arias Oliva Ricardo Alejandro y Vázquez Sánchez Adiel
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
ricardoarias@outlook.com

Mediante la técnica conocida como percepción remota se llevó a cabo una evaluación de imágenes Landsat-8 del volcán El Chichón localizado en un terreno accidentado y densamente arbolado en el norte central de Chiapas, con la finalidad de obtener una estimación de si la zona cuenta con un potencial geotérmico considerable para su explotación como recurso natural. Se muestran dos correlaciones de imágenes Landsat-8 con la geología de El Chichón, a cuyas imágenes se le aplicaron distintas correcciones de bandas para obtener una mejor precisión y claridad de estas y así, llegar a una mejor interpretación de cada una de ellas.

EG-40 CARTEL

MEDICIONES SISMOLÓGICAS EN PAVIMENTOS CON SENSORES ACÚSTICOS SIN CONTACTO

Ríos Yutsent, Reyna Roxana Joycie, Ramírez Jose Angel, Rojas Hernández Rodrigo y Rodríguez Miguel
Instituto de Ingeniería, UNAM
ingyutsent@hotmail.com

El presente trabajo se enfoca a la exploración sísmica de pavimentos, específicamente de la construcción y puesta en operación de un equipo que permite imponer un tendido de sensores sin contacto cercanos a la superficie de la estructura, los que monitorean el campo de ondas generado por una fuente sísmica; asimismo se presenta una propuesta del procedimiento básico a seguir para realizar un levantamiento sísmico adecuado. Para reducir el tiempo en la adquisición de datos el dispositivo es un móvil que debe ser desplazado por el operador. El equipo porta hasta 40 sensores acústicos dispuestos en un arreglo lineal con separación de cinco centímetros, cuenta también con una fuente de ondas sísmicas propia, espacio para el digitalizador, el ordenador portátil y la fuente de alimentación eléctrica. Se realizaron los primeros ensayos en laboratorio y en dos pavimentos aeroportuarios, uno de asfalto y otro rígido. La comparación de registros obtenidos con los sensores sin contacto y aquellos obtenidos del componente vertical de geófonos, y acelerómetros, muestran similitud significativa como manifestación del acoplamiento entre la estructura del pavimento y la atmósfera. Usando las técnicas de IE (eco de impacto), SASW (análisis espectral de ondas superficiales) y una combinación de MISW (impacto múltiple con ondas superficiales) y MASW (análisis multicanal de ondas superficiales) se estimaron espesores de cada estructura estudiada y los módulos de Young de los diferentes componentes de la estructura de los pavimentos.

EG-41 CARTEL

MÉTODO ALTERNATIVO DE CORRECCIÓN TOPOGRÁFICA A DATOS DE GRAVIMETRÍA UTILIZANDO REJA DE HAMMER EN UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

Hernández Ortega Ana Joselyn, Pérez Bravo Pablo Uziel y González Hernández Julio César
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
anitamargariana@gmail.com

Las mediciones gravimétricas deben corregirse por efecto de colinas y valles los cuales representan déficits y excesos de masa cercanos a la estación de observación que pueden alterar las mediciones, esta corrección se puede llevar a cabo con una reja de Hammer la cual considera la atracción de las masas situadas por encima de la estación y corrige también las depresiones situadas por debajo del nivel de la estación. El desarrollo práctico de este método se realizaba en un mapa topográfico donde se señalan las curvas de nivel, trazando diferentes rejillas con sus respectivos radios y celdas. Realizarlo de esta manera podía conllevar a errores de cálculo, y una precisión limitada. El presente trabajo, tendrá como objetivo aplicar este método de corrección, por medio de la rejilla de Hammer, utilizando un software de sistemas de Información Geográfica en el que se generó un modelo digital de elevación sobre el cual se construyeron estas rejillas con las herramientas correspondientes. Para esto se ajustó la reja a escalas considerables según la cartografía de la zona de estudio, los datos utilizados son de La Sierra Norte de Puebla. Se eligieron estaciones base, las cuales están al centro de cada reja, el software leerá las alturas del modelo digital de elevación de cada celda, realizándose las operaciones correspondientes, también desarrolladas en el software. La suma de todos los efectos de cada celda, da la corrección total por topografía en cada estación gravimétrica. El desarrollo de este método en software nos ayuda una interpretación más precisa y rápida, generando nuevas herramientas para el proceso de modelación e interpretación en estudios con grandes cantidades de datos y al

mismo tiempo buscando diferentes plataformas para el desarrollo de este tipo de métodos.

EG-42 CARTEL

ESTIMACIÓN DE MÓDULOS DINÁMICOS DE DEFORMACIÓN EN MACIZOS ROCOSOS Y PAVIMENTOS CON TÉCNICAS SISMOLÓGICAS

Castillo Torres Luis Yael, Rojas Hernández Rodrigo y Rodríguez Miguel
Instituto de Ingeniería, UNAM
 lcastillor@iingen.unam.mx

Este trabajo trata sobre la estimación de módulos dinámicos en macizo rocosos y de estructuras de pavimentos mediante técnicas sismológicas. Se presenta el diseño y construcción de un equipo que permite hacer mediciones simultáneas con dos geófonos, que recuperan el campo de ondas generado por una fuente de ondas sísmicas dispuesta de manera colineal con el par de geófonos; así como una propuesta para la recolección de información y procesado de datos. La fuente de ondas es un marro con acelerómetro integrado, que permite medir la aceleración inducida al terreno, y un par de geófonos que responden de manera adecuada hasta los 1000 Hz. El sistema de adquisición de datos es una PC Raspberry base LINUX. El procedimiento del ensayo en campo consiste en hacer diferentes tomas del movimiento del terreno generado por la fuente sísmica, en donde la distancia entre la fuente y el sensor más cercano cambia y la separación entre geófonos varía. La experimentación hecha con el equipo construido combina dos técnicas sísmicas de uso actual: 'Petite Sismique' y el Análisis Espectral de Ondas Superficiales (SASW). Durante el procesado de datos se calcula la coherencia y se mide la frecuencia predominante para hacer estimaciones de velocidad de fase y de espesores involucrados. Encontramos que las variaciones en frecuencia predominante del segundo arribo esta asociada principalmente a la dispersión de ondas superficiales. Siguiendo el procedimiento anterior se obtuvieron los módulos dinámicos de un domo andesítico y dos estructuras de pavimentos, que resultaron similares a los obtenidos con Deflectometría de impacto.

EG-43 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS INDIRECTOS EN EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA NORIA DE LA HACIENDA SAN ROQUE, TEPEYAHUALCO DE HIDALGO, PUEBLA

Balbuena Salomón Martha Carolina, González Hernández Julio César,
 De la Rosa Arévalo César Gustavo y Rodríguez Fernández Laura
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
 carola.balbuena29@gmail.com

La noria es un elemento arquitectónico del siglo XVIII que consiste en una edificación octogonal de 20 metros de altura en la cual se instaló un mecanismo de suministro hidráulico que se encuentra al interior de la hacienda San Roque, localizada en la región oriental de Puebla en el municipio de Tepeyahualco de Hidalgo. Existen pruebas documentales que han permitido saber que ésta fue una de las primeras en establecerse en la región posiblemente antes de 1816. Esta estructura arquitectónica, única en el estado de Puebla pertenece al catálogo de monumentos de la identidad elaborado por el INAH. En este trabajo se pretenden exponer las ventajas que ofrece la implementación de métodos geofísicos en la evaluación de las condiciones del subsuelo previa a la restauración de edificaciones como herramientas complementarias. La información que se pretendía determinar a partir de la aplicación de estos métodos era la posible profundidad de cimentación de la noria, el tipo de material que conforma la zona, y el comportamiento elástico del suelo, ya que pretenden solucionar los problemas estructurales y contrarrestar los deterioros existentes en la edificación, con el fin de garantizar su conservación. Para llevar a cabo lo anterior, se emplearon los métodos electromagnético y sísmico. La aplicación del georadar es muy recurrente en este tipo de proyectos dada la facilidad que ofrece en cuanto a adquisición de datos en grandes áreas y en diferentes tipos de terrenos de manera rápida y económica. La adquisición de dichos datos se llevó a cabo en los exteriores del recinto para conocer la profundidad de cimentación, mediante tendidos paralelos a cada uno de los muros, escaleras, entrada e interior del recinto para conocer profundidad, relleno y posible espesor de materiales que lo conformaban. La aplicación del método sísmico, consistió en realizar perfiles de sísmica de refracción y microtemores (ReMi), ambos con la finalidad de conocer el tipo de material que conformaba el lugar mediante el análisis de la velocidad de propagación de ondas en el subsuelo. La integración de la información obtenida con ambos métodos nos permitió llegar a tentativas conclusiones referentes al cimiento del edificio, del cual se infiere que tiene una profundidad de 10 metros con base a la identificación de las variaciones en el comportamiento de las ondas electromagnéticas a dicha profundidad. Con el método sísmico se corroboró la existencia de una interface, por encima de la cual se pudo determinar la capa superficial conformada por materiales disueltos que tiene un espesor del orden de los 2 metros, y por debajo, una siguiente capa con un espesor aproximado de 6 m, compuesta de material arcilloso. Pudiéndose caracterizar con este método el suelo sobre el que descansa la edificación.

EG-44 CARTEL

MODELADO DE LA RESISTIVIDAD DEL SUBSUELO A PARTIR DE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS 2D EN EL SECTOR NORTE DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, COLOMBIA

Gutiérrez Rincón Eliana Lizeth¹, Díaz Mojica John² y Deltoro Rodríguez Wilfredo¹
¹Universidad Industrial de Santander
²Instituto de Geofísica, UNAM
 eliana.l.gutierrez@gmail.com

Las comunas 1 y 2 del área urbana de Bucaramanga presentan diferentes sectores con amenaza alta y media por movimientos en masa, que han ocasionado múltiples afectaciones a las viviendas y bienes públicos trayendo consigo impactos sociales y económicos. Ante esta situación, y con el ánimo de profundizar en el conocimiento de esta amenaza, fue necesario elaborar los estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de este sector. Para esta investigación se realizó un estudio geofísico, este consta de tomografías eléctricas 2D con el fin de aportar información que indique riesgo de movimientos en masa. Con el objetivo de mejorar el procesamiento de los datos, se realizó el diseño de la adquisición para la toma de tomografías eléctricas en la zona norte de la ciudad de Bucaramanga Colombia. Para esto se construyeron modelos de resistividad en 2D del área en estudio a partir de información geológica existente, litología de pozo y registros eléctricos por medio del software AGI Earthimager 2D, se hicieron inversiones sintéticas para cada una de las áreas donde se llevarán a cabo las tomografías. Este estudio geofísico se desarrolló para identificar niveles freáticos, posibles zonas saturadas que indiquen riesgo de movimientos en masa y contrastes litológicos, el área de estudio es geológicamente compleja y tectónicamente dinámica. La ciudad de Bucaramanga se encuentra sobre un depósito sedimentario de edad cuaternaria correspondiente a la Formación Bucaramanga, morfológicamente corresponde a un abanico aluvial depositado sobre una depresión tectónica. La importancia de seleccionar la mejor configuración en la toma de las tomografías eléctricas y generar un diseño de adquisición adecuado que permita emplear la información existente con la intención de reducir costos en perforaciones y pruebas en el momento de procesar los datos.

EG-45 CARTEL

MODELADO 1D DE RESISTIVIDAD CON CELULAR VERSIÓN ANDROID

Pérez Flores Marco Antonio y Peralta Castro Ángel Daniel
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 mperez@cicese.mx

Se modela el potencial eléctrico sobre una Tierra plana y con muchas capas planas. Cuando se resuelve el problema, las líneas equipotenciales son circulares en el plano (x, y), pero no en (z). Esto nos da una simetría cilíndrica. Por lo tanto, resolvemos la ecuación de Laplace para el potencial escalar eléctrico en coordenadas cilíndricas. La manera usual es aplicar la transformada de Hankel a la ecuación de Laplace y despejar el potencial eléctrico. Ya despejado, se aplica la transformada inversa de Hankel para tener el potencial en coordenadas (x, y, z). Resolvemos la ecuación de Laplace para cada capa y las soluciones generales las pegamos por medio de las condiciones entre las fronteras de las capas planas. Para dos capas la solución es sencilla y analítica. Para muchas capas se torna muy complicada y la tenemos que resolver numéricamente. En esta aplicación usamos el método de recurrencia de Parkeris, para recuperar el kernel de la primera capa y evaluarlo en la superficie, que es donde se hallan nuestros electrodos fuente y receptores. Se programaron todas las ecuaciones (4 transformadas de Hankel) en lenguaje de Android. La idea es poder hacer modelado 1D o inversión por ensayo error de datos de SEV's (Schlumberger, Wenner, Dipolo-Dipolo) desde un celular. Lo común es SEV's de Schlumberger, pero nosotros estamos añadiendo sondeos Wenner y Dipolo-Dipolo mas que nada para fines pedagógicos en cursos de Métodos Eléctricos en Geofísica. También tenemos una opción para hacer modelado 1D con arreglos tetrapolares arbitrarios en el plano (x, y). La idea es ayudar a los asistentes al poster a instalar la aplicación en su propio celular.

EG-46 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL RELIEVE DE UNA CUENCA SEDIMENTARIA A PARTIR DE DATOS GRAVIMÉTRICOS MEDIANTE PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA

Bazaldúa Chávez Hector Roldan, Soto Villalobos Roberto y Carrera Rivas Alejandra
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 roldan.bazaldua@hotmail.com

Para este trabajo, suponemos la existencia de una cuenca sedimentaria, para la cual podemos conocer la morfología de la cuenca en algunos puntos, en esta el relleno sedimentario de la cuenca es de una densidad menor a la de la roca encajonante; para esto se generan datos sintéticos que modelen esta cuenca. El relieve o espesor de la cuenca puede ser aproximado por un conjunto de prismas verticales 2D, yuxtapuestos cada uno respecto al otro cuyas cúspides coinciden con la superficie de la cuenca (afloran) y los espesores de los prismas (profundidad de cada uno) son los parámetros a estimar a partir de los datos de gravedad. Esta aproximación

se realiza mediante la optimización de una ecuación de modelado directo propuesta por Rao et al. (1994) mediante algoritmos genéticos, particularmente programación evolutiva realizando con esto una buena inversión.

EG-47 CARTEL

APLICABILIDAD DE CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE PARES DE ESTACIONES DE UN ARREGLO DE MICROTREMORES PARA OBTENER UN MODELO 3D A ESCALA GEOTÉCNICA

Olivares Palomares Ángel Bruno, Aguirre Jorge, Piña Flores José, Granados Chavarría Ivan y Luna Rodríguez Javier Iván
Instituto de Ingeniería, UNAM
brn_286_bruno@hotmail.com

Con el objetivo de obtener un perfil de velocidades representativo de Ciudad Universitaria, Puebla, se realizó una campaña de registro de microtremores. Fueron utilizados 15 sensores de banda ancha desplegados en el jardín botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). El diseño de los arreglos fue en forma de retícula triangular a partir de un triángulo mayor de 120 m por lado permitiendo 12 sub-arreglos triangulares. El tiempo de registro de ruido sísmico ambiental fue de 15 horas promedio. Utilizando el Método de la Autocorrelación Espacial (SPAC, por sus siglas en inglés) fue posible obtener nueve perfiles de velocidades de onda de corte 1D para formar un pseudo modelo 3D representativo de la zona de estudio. Teniendo como propósito mejorar y complementar los resultados se pretende utilizar el método de correlaciones entre pares de estaciones (interferometría sísmica). Con la interferometría sísmica es posible observar anomalías o variaciones laterales que se pudieron pasar por alto al momento de interpolar los modelos 1D obtenidos con SPAC, y así obtener un modelo de velocidades más robusto. Los resultados preliminares muestran que es posible recuperar la función de Green empírica con un apilado de 15 horas para un rango de frecuencias de los 5 a los 15 Hz.

EG-48 CARTEL

EXPLORACIÓN SÍSMICA DE REFRACCIÓN MEDIANTE RUIDO SÍSMICO

Heredia Mariana, Aguirre Jorge y Granados Ivan
Instituto de Ingeniería, UNAM
mherediamtz@gmail.com

El uso de interferometría sísmica para la obtención de nuevas opciones de respuestas sísmicas en el subsuelo, ha sido relativamente actual en el campo de exploración debido a que no recurre al uso de una fuente sísmica activa si no al uso de registros de microtremores. En este estudio se aplicó el método de interferometría sísmica en una zona urbana con la presencia de una caverna, donde se analizaron registros de sísmica pasiva grabados en un tendido de refracción. El tendido consistió en un arreglo lineal de 24 geófonos con respuesta instrumental de 4.5 Hz, a una separación de 2 metros y con una longitud de registro de 175 minutos de ruido sísmico. Una vez registrado el campo de ondas se realizó el procesamiento de señales a través de analizar diferentes aplicaciones de normalización sísmica. El rango de frecuencias con el que se procesaron las trazas fue de 5 a 50 Hz ya que en este rango el espectro de amplitud mostró la mayor concentración de energía. Se realizaron estos procesos con el objetivo de obtener el arribo de la onda p. La respuesta sísmica de refracción del subsuelo se obtuvo mediante el apilado de la correlación cruzada entre las 23 trazas con la traza de la posición donde se consideró ubicada la fuente de iluminación virtual. En total se calcularon las trazas para 5 fuentes virtuales, 2 a los extremos del tendido, una intermedia y dos más entre el centro y las laterales. Finalmente para evaluar la recuperación de las ondas P adquiridas a partir de interferometría sísmica se comparó el picado del arribo de la onda P en las secciones sísmicas sintéticas de las 5 fuentes virtuales contra el picado de las secciones obtenidas a partir de las 5 fuentes activas (golpes de marro). Se observó que al utilizar ruido sísmico se muestra una buena iluminación y clara identificación del primer arribo de las ondas P incluso para los geófonos lejanos, cosa que no se logró con las fuentes activas usadas.

EG-49 CARTEL

CORRELACIONES CRUZADAS DE RUIDO SÍSMICO PARA LA OBTENER EL MODELO DE VELOCIDADES 3D DE ONDA DE CORTE EN EL MUNICIPIO DE TETLAMA Y ALEDAÑOS, UBICADOS EN EL ESTADO DE MORELOS

Luna Rodríguez Javier Iván¹, Aguirre Jorge², Granados Chavarría Ivan² y Olivares Palomares Ángel Bruno²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Ingeniería, UNAM
lunamji@hotmail.com

En el presente trabajo se lleva a cabo la medición de ruido sísmico (microtremores) en el municipio de Tetlama y aledaños, ubicados en el estado de Morelos a 85 km al sur de la Ciudad de México. Con el fin de caracterizar las propiedades

elásticas del terreno para obtener un modelo estructural de velocidades de ondas de corte, se desplegaron 10 estaciones sismológicas con sensores de banda ancha tipo GURALP modelo 6TD, capaces de registrar frecuencias en un rango de 0.033-50 Hz. Dichos sensores fueron ubicados en puntos de interés particular como áreas urbanas y la zona arqueológica de Xochicalco, las estaciones se encuentran colocadas a una distancia mínima de 0.5 km y máxima de 8 km. Aunque el estudio se realizó en un tiempo de grabación alrededor de cinco meses, el tiempo efectivo fue de aproximadamente 2 meses y 11 días, ya que en este tiempo los diez sensores trabajaron simultáneamente grabando en tiempo continuo a 100 m.p.s. Para reconstruir la función de Green, los datos se procesaron mediante el método de correlaciones cruzadas, analizando en este proceso la efectividad del blanqueamiento espectral y el 1-Bit. Posteriormente, se obtendrán las curvas de dispersión con la finalidad de poder caracterizar la geología de la zona. Finalmente, se pretende realizar la inversión de dichas curvas y obtener el modelo de velocidades 3D de ondas de corte.

EG-50 CARTEL

APROXIMACIÓN DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD DE UN RAYO EN UN MODELO ANISOTRÓPICO

González Bautista Mario Roberto y Soto Villalobos Roberto
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
mario.gonzalezbts@uanl.edu.mx

Este trabajo tendrá como objetivo la aproximación del gradiente de velocidad de un rayo que pasa a través de un modelo anisotrópico, es decir que sus velocidades son crecientes según valla aumentando la profundidad, será tratada de realizara para un modelo de n capas, donde se determinara el tiempo mínimo de recorrido del rayo, con ayuda de una heurísticas que es la Programación Evolutiva que sera programado de el Software R-Studio, para hacer la aproximación del gradiente de velocidad sera relacionado con El Problema Mecánico de Abel.

EG-51 CARTEL

ARREGLOS DE MICROTREMORES PARA LA CARACTERIZACIÓN SÍSMICA DE LOS ESTRATOS SEMIPROFUNDOS EN LA SUBCUENCA XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Rubén, Aguirre Jorge, Ramírez Guzmán Leonardo, Macías Castillo Marco Antonio, Sandoval Gómez Héctor, Molina Avila Israel, Olivares Palomares Ángel Bruno y Granados Chavarría Ivan
Instituto de Ingeniería, UNAM
ruben.hdz9106@gmail.com

Se realizó una campaña de registro de microtremores en la subcuenca de Xochimilco, ciudad de México con el objeto de estimar la estructura de velocidades de onda de corte a profundidad media (De 500 a 1500 metros aproximadamente). Para este fin se instalaron sismómetros de banda ancha y triaxiales GURALP 6TD en 36 puntos. Estos fueron distribuidos en dos etapas con tiempos de grabación simultaneas de 72 horas cada una. La zona de estudio de la primera, conforma un área de 5.5 kilómetros cuadrados, la segunda un área de 15.2 kilómetros cuadrados. La distancias entre sensores oscilan entre 0.34 y 6.25 kilómetros aproximadamente. Se pretende utilizar el método de la autocorrelación espacial (SPAC, por sus siglas en inglés) e interferometría sísmica para observar la dispersión de ondas superficiales de Rayleigh. Una vez obtenidas las curvas de dispersión se invertirán individualmente para conformar colectivamente un modelo tridimensional. Análisis preliminares de los registros obtenidos han mostrado una dispersión de velocidades de fase en el rango de frecuencias de 0.13 a 0.39 Hz. Lo cual muestra información valiosa para el rango de profundidades que buscamos explorar.

EG-52 CARTEL

GEOFÍSICA DE BAJA PROFUNDIDAD EN PROYECTOS DE CRUCE DE INFRAESTRUCTURA DE PEMEX

Ochoa Elias Jaqueline, Ramírez González Miguel Angel y Dena Ornelas Oscar Sotero
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ
jaquelineochoa592@gmail.com

Los métodos geofísicos son de capital importancia a nivel diagnóstico en la etapa de diseño de proyectos de obra civil. Concretamente, en la elaboración de proyectos ejecutivos de cruce de derechos de vía de infraestructura de Pemex, es obligatorio asistir con estudios de georadar, geoelectrónicos y de sísmica la etapa de factibilidad y diseño de un cruce. En este estudio, los métodos aplicados de tomografía y sísmica revelaron respectivamente tanto la constitución litológica como los módulos elásticos del subsuelo en la zona de estudio. Los resultados geoelectrónicos mostraron que la estratigrafía está conformada por arenas limosas, en tanto que el módulo de poisson y promedio Vp/Vs de los primero cuatro metros con valores menores de 0.25 y 1.7 revelan que el suelo es inestable. Los resultados puntuales de los sondeos geotécnicos son ampliamente coincidentes con la geofísica, por lo que el perfil geotécnico resultante del subsuelo concluye que los taludes de excavación deben ser con una relación de 1:1 al menos para garantizar la seguridad del personal.

EG-53 CARTEL

MTRC-I: SISTEMA DE REGISTRO DIGITAL DE SEÑALES MAGNETOTELÚRICAS

Brasseea Ochoa Jesús María, Romo Jones José Manuel, Gómez Treviño Enrique, Echeagaray Collantes Gabriel y Castillo Guerrero Cruz Enrique
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 jbrasseea@cicese.mx

Presentamos el sistema de registro digital de señales magnetotélúricas MTRC-I desarrollado y construido para el monitoreo continuo del campo geotérmico de Cerro Prieto en el valle de Mexicali, Baja California, como parte del proyecto CeMIE-Geo P04, "Monitoreo espacio-temporal de variables geofísicas en campos geotérmicos". El sistema de registro MTRC-I, ha sido diseñado, construido y actualizado en el Laboratorio de Instrumentación Geofísica del CICESE. Sus principales características son: 6 canales de entrada, conversión analógica digital de 24 bits, muestreo simultáneo de 15 Hz por canal, almacenamiento en memoria de 8Gb, sincronización del muestreo usando la señal de 1 PPS del GPS, bajo consumo de energía. Actualmente hemos construido 20 sistemas, de los cuales: 17 sistemas registran únicamente 2 componentes del campo eléctrico; 2 sistemas registran 2 componentes de campo eléctrico y 2 componentes de campo magnético usando bobinas de inducción BF4; y un sistema que registra 2 componentes de los campos eléctrico y 3 componentes del campo magnético usando un magnetómetro Scintrex Fluxgate FM 100B. De los 20 equipos construidos actualmente tenemos 18 instalados en campo, desafortunadamente 2 han sido vandalizados.

EG-54 CARTEL

ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS PARA LA ZONA DE MANZANILLO COLIMA, MÉXICO

Molina de Artola Balam, Bandy William L., Pérez Calderón Daniel A. y Santiago Santiago José Antonio
Instituto de Geofísica, UNAM
 coatl@ciencias.unam.mx

Se ha propuesto que la ruptura de la placa litosférica oceánica en subducción por debajo del occidente de México es el resultado del movimiento divergente de las placas de Rivera y Cocos (p. ej. Bandy et al., 1995), la placa de Rivera pivotante hacia la izquierda lejos de la placa de Cocos. Este proceso ha fragmentado y deformado la placa de Norte América (Ochoa et al., 2015) formando diferentes estructuras tectónicas como el rift de Colima y bloques como el de Jalisco y Michoacán. Fue propuesto por estos investigadores que la localización del extremo SW de la propagación de la ruptura se encuentra dentro del graben El Gordo, al oeste de la Trinchera Mesoamericana y a lo largo de la prolongación del graben de Colima. Yang et al. (2009) con estudios sismológicos mapea claramente la ruptura propuesta para la placa de subducción en la región comprendida entre el Volcán de Colima y el Lago de Chapala. Sin embargo, no se puede determinar la ubicación exacta del extremo SW de esta ruptura. Así, algunos investigadores han especulado que el extremo de la ruptura se encuentra debajo del Volcán Colima pero que no se extiende dentro del graben El Gordo como se propuso anteriormente. Recientemente Ochoa-Chávez et al. (2015) realizaron un estudio de tomografía de la onda P dirigido a delinear la estructura de velocidad de la corteza continental del bloque de Jalisco. Sus resultados indican que la ruptura probablemente se extiende más al SW, al menos hacia la costa. A su vez, se han realizado varios estudios gravimétricos dentro de las regiones del sur y centro del Rift de Colima (p. ej. Álvarez y Yutsis, 2015). Estas investigaciones, junto con los resultados del estudio sísmico de Pacheco et al. (2003), apoyan la idea de la extensión de la corteza en la región sur del Rift de Colima. De interés especial es un área de bajos valores de la anomalía gravimétrica ubicada al NE de Manzanillo para lo cual se realizó una campaña gravimétrica en marzo y abril del presente año en los estados de Colima (principalmente) y Jalisco. Se tomaron un total de 96 mediciones gravimétricas y de GPS con el fin de delimitar esta región, que puede estar relacionada con la zona de baja velocidad de la onda P referida en Ochoa-Chavez et al. (2015). Se presentarán los resultados relativos a la campaña. Agradecimientos: Esta campaña se llevó a cabo gracias al Proyecto DGAPA con referencia IN113217.

EG-55 CARTEL

MODELO DE VELOCIDAD SÍSMICA PARA EL SECTOR SURESTE (SE) DE LA CUENCA DE MÉXICO, MEDIANTE LA INVERSIÓN SIMULTÁNEA DE CURVAS DE DISPERSIÓN DE VELOCIDAD DE FASE Y DE GRUPO

Vergara Huerta Filiberto, Aguirre Jorge y Granados Chavarría Ivan
Instituto de Ingeniería, UNAM
 filiberto.igf@gmail.com

Actualmente, la exploración de la cuenca de México mediante la sísmica pasiva de vibraciones ambientales sigue siendo un tema de gran interés, pues permite conocer la respuesta sísmica a través de versátiles e innovadoras metodologías, que no requieren el conocimiento directo de la fuente, y que además continúan evolucionando. Lo anterior, facilita la evaluación constante de la respuesta sísmica en zonas poco exploradas y el mejoramiento de la resolución en aquellas que no

cuentan con el detalle suficiente. El presente trabajo propone una estructura de velocidades sísmicas para el sector sureste (SE) de la cuenca de México integrada a partir de la inversión simultánea de las curvas de dispersión de velocidad de fase y de grupo obtenidas a partir del procesamiento de registros de vibraciones sísmicas ambientales (VSA), mediante los métodos de análisis frecuencia-número de onda (F-K) y análisis tiempo-frecuencia (FTAN), respectivamente. El área de estudio se localiza dentro del ejido de Santiago Tulyehualco, mismo que se ubica entre los límites de la delegación Tláhuac (Ciudad de México) y el municipio de Valle de Chalco (Estado de México). La zona en cuestión pertenece a la subcuenca de Chalco y conforma parte importante del sector SE de la cuenca de México, misma que se caracteriza por la intercalación de grandes depósitos lacustres y volcánicos del cuaternario.

EG-56 CARTEL

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PETROFÍSICOS DE REGISTROS GEOFÍSICOS CONVENCIONALES MEDIANTE PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DESARROLLADO EN UN LENGUAJE DE DISTRIBUCIÓN LIBRE

Salguero Sánchez Jesus Carlos¹ y Sánchez Pérez Teresa de Jesús²
¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
²Instituto Tecnológico de Madero
 jesussalguero.31@gmail.com

La innovación tecnológica vino a contribuir con información más digna en la localización de los intervalos productores, de esta manera surgen los registros geofísicos de pozos. Esta herramienta adquiriría mediciones del subsuelo a través de transmisores y receptores en sondas, identificando parámetros como: resistividad, litología, porosidad, densidad, tiempo de tránsito y permeabilidad, para así definir los intervalos donde se encontraban las capas con hidrocarburos. En la actualidad, los registros geofísicos han sido mejorados utilizando los diversos avances tecnológicos, este desarrollo permite tener una mayor información de las formaciones adyacentes al pozo. Para lograr un buen procesamiento e interpretación de los registros, es muy importante tener claras las características del yacimiento, ya que estos factores influyen de manera determinante en el resultado. Se resolverá la saturación de agua mediante la ecuación de Archie con Algoritmos Evolutivos con los que mediante la ecuación tendremos un modelo directo en donde se tienen ciertos parámetros con los que se trabajara para obtener el modelo indirecto que, con él, se obtendrán otros parámetros petrofísicos que son los que se estimaran mediante el proceso de la programación evolutiva, en donde se tratara de encontrar la mejor aptitud de los individuos.

EG-57 CARTEL

INVERSIÓN DE DATOS DE LA ANOMALÍA GRAVIMÉTRICA PROVOCADA POR VARIAS ESFERAS UTILIZANDO ALGORITMOS EVOLUTIVOS EN RSTUDIO

Tovar Olvera Miguel Angel, Avendaño Silva Carlos Alan y Vidal Tépatte Adela Carolina
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 migueltoovar@gmail.com

La Gravitimetría es la ciencia que se encarga del estudio del cambio de densidades en el subsuelo y hasta la corteza, existen diferentes cuerpos con distintas masas y volúmenes que originan diferentes anomalías gravimétricas. Para conocer el cuerpo, la masa, el volumen, la profundidad que originó una anomalía es necesario hacer el método inverso. En este trabajo se propone la creación de un algoritmo evolutivo en RStudio el cual servirá para la inversión de los datos gravimétricos provocados por diferentes esferas.

EG-58 CARTEL

IMÁGENES DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA MEDIANTE UN ARREGLO TRIDIMENSIONAL DE ELECTRODOS EN UN AFLORAMIENTO DE UN DIQUE DIORÍTICO, EN SAN LÁZARO, TAMAULIPAS

Garza Rocha Daniel¹, González Ibarra Natlley De Jesús¹, Hinojosa Héctor² y Méndez Delgado Stóstenes¹
¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
²AGI, Advanced Geosciences, Inc.
 danielgarzarocha@hotmail.com

En el presente trabajo se llevó a cabo el levantamiento de datos de resistividad eléctrica aparente mediante la aplicación de un arreglo tridimensional de electrodos en un sitio cuya geología consiste de rocas constituidas de lutitas de edad cretácica afectadas por la intrusión de un dique diorítico de edad Oligoceno. En general, en los alrededores a la zona de estudio, las rocas sedimentarias aflorantes consistentes de lutitas son de la Formación Méndez la cuales han sido cortadas por diques que en algunos casos aprovecharon las fracturas preexistentes en estas rocas para ascender a la superficie. El espesor de estos diques varía de 1 a 1.5 m

principalmente, aunque en ocasiones alcanza dimensiones de hasta 4 metros. También en los alrededores a la zona de estudio, se observan evidencias de sills, estas estructuras son paralelas y subparalelas a los estratos que componen a la secuencia sedimentaria de la Formación Méndez. Estos cuerpos se han clasificado como pórfidos dioríticos y se encuentran en diferentes espesores que varían desde 0.1 m a 4 m. Los sills así como los diques, representan brazos que se extendieron a lo largo de zonas de fracturas preexistentes. Los resultados de la inversión de los datos de resistividad eléctrica aparente muestran claramente el dique aflorante, así como la presencia de sills dioríticos enterrados.

EG-59 CARTEL

RESULTADOS PRELIMINARES DE TÉCNICAS DE GEOFÍSICA DE EXPLORACIÓN SOMERA COMO AUXILIAR EN INVESTIGACIONES DE ARQUEOLOGÍA FORENSE

Quiroz Suarez Diego¹, Caccavari Garza Ana², Quinto Suarez Mirsha¹,
Cifuentes Nava Gerardo¹ y Hernández Quintero Juan Esteban¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM
diego.qsuarez@gmail.com

Los métodos geofísicos de exploración son una herramienta importante en la búsqueda de estructuras enterradas con valor arqueológico y antropológico. Son técnicas que apoyan los estudios de arqueología forense, ya que, al ser métodos no invasivos, ayudan a caracterizar la zona de interés reduciendo la pérdida de evidencia física y optimizando el tiempo de búsqueda y de excavación. En este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos en un campo de pruebas, en el que se simulan entierros a diferentes profundidades y con diferentes características, y en el que, de manera periódica y sistemática, se realizan levantamientos geofísicos durante un periodo de un año. Se utilizan métodos electromagnéticos, (Radar de Penetración Terrestre, GPR, que es uno de los métodos que más se ha utilizado en arqueología forense hasta el momento, y conductivímetro) magnetométricos y de resistividad eléctrica (capacitiva y galvánica). Se presentan los resultados obtenidos de los levantamientos previos a la realización de las simulaciones, con los que se busca caracterizar el sitio de estudio. Y, se muestran también, los levantamientos tomados posteriormente a que se realizaron las simulaciones. Se comparan los resultados de ambos levantamientos para observar las alteraciones generadas en el sitio de estudio al realizar las simulaciones. Se busca, mediante los resultados que se obtengan, analizar y evaluar el uso de los diferentes métodos geofísicos en la arqueología forense y plantear una metodología funcional que permita optimizar la obtención de información sobre la geometría y propiedades físicas de objetos y estructuras enterradas.

EG-60 CARTEL

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS CONTINENTALES NO CONSOLIDADOS QUE YACEN EN UN SECTOR DE LA SIERRA DE OBAYOS, COAHUILA

Gaytán Espinoza Alexis, López Saucedo Felipe y Batista Rodríguez José Alberto
Escuela Superior de Ingeniería "Lic. Adolfo López Mateos", Universidad Autónoma de Coahuila
alexis_gaytan18@hotmail.com

En el estado de Coahuila se localiza la paleocuenca de Sabinas la cual es reconocida por su riqueza de carbón, ya que es una productora potencial que abastece a todo México; en dicha cuenca se localiza la sierra de Obayos, específicamente en el municipio de Escobedo, Coahuila. Se obtuvo información geológica básica del área; en donde se encuentran sedimentos continentales jóvenes no consolidados (horizontes) los cuales son parte de un afloramiento. Dichos sedimentos con toda seguridad se deriva de las formaciones Barril Viejo (distribución en la paleocuenca de Sabinas y localmente en la porción norte de la Península de Tamaulipas) y La Padilla (esta formación es de amplia distribución en la Cuenca de Sabinas. Aflora y se le ha observado en el subsuelo en la parte norte de la Península de Tamaulipas). Para el muestreo se establecieron 11 horizontes transversales al afloramiento con una distancia aproximada de 22 centímetros entre cada uno para realizar el muestreo se tomaron los criterios de los valores más altos, bajos y medios de la medición susceptibilidad magnética, se extrajeron 3 muestras en el perfil, que fueron etiquetadas y trasladadas a la Escuela Superior de Ingeniería UADEC. En el trabajo se estudiaron las propiedades fisicoquímicas de 3 muestras recolectadas con la finalidad de obtener información que permita describir el comportamiento deposicional, la madurez y composición de dichos sedimentos, realizando distintos análisis y mediciones las cuales fueron: susceptibilidad magnética: dicha medición fue realizada en campo, mientras que el resto de las mediciones fueron realizadas en los laboratorios de la ESI-UADEC: humedad, pH, conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos, potencial de neutralización, azufre total, resistividad eléctrica (La sonda utilizada para esta medición se basa en el equipo SuperSting (AGI,2006) la cual surge de una idea del Dr. Felipe de Jesús López Saucedo), granulometría, además de la forma y el tamaño del clasto (esté utilizando el programa ImagiProPlus). A partir de los resultados de los análisis se concluye que las propiedades fisicoquímicas no presentan variaciones considerables por lo tanto seguramente los sedimentos son derivados de la misma formación, las variaciones de susceptibilidad magnética prácticamente fueron propios de las rocas sedimentarias, por tanto

respondió a lo que se observó a la composición mineralógica de los sedimentos, que los sedimentos pueden ser clasificados como maduros a sub-maduros, no contienen minerales ferromagnéticos pero sí diamagnéticos - paramagnéticos por contener principalmente calizas y arcillas. Es recalable que falta un seguimiento al proyecto para mayor certeza de lo ya obtenido y aumentar la información que otros estudios pueden otorgarnos de la geología del terreno.

EG-61 CARTEL

ESTUDIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE SEDIMENTOS Y AGUA DEL RIO ALAMOS, EJIDO EL COYOTE MUNICIPIO DE SAN JUAN DE SABINAS, COAHUILA

Limón Gámez Juan Antonio, Elizondo Villanueva Arturo, Cano Becerra Jorge Antonio, López Saucedo Felipe y Almaguer Carmentales Yuri
Escuela Superior de Ingeniería "Lic. Adolfo López Mateos", Universidad Autónoma de Coahuila
juanlegend@gmail.com

El presente trabajo se desarrolló en una sección del río Álamos localizado en el ejido "El Coyote", municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila. El objetivo de la investigación fue estudiar e interpretar las variaciones de propiedades físicas y fisicoquímicas en muestras de agua y sedimentos. Las muestras fueron colectadas en dos zonas, una de ellas en un lugar no urbanizado y la segunda zona en las cercanías de una colonia habitacional. Los trabajos de campo incluyeron la descripción geológica del afloramiento, y la recolección de muestras. En el laboratorio se desarrollaron mediciones físicas como resistividad eléctrica (#), diferencia de potencial eléctrico (V) y susceptibilidad magnética (#). Se destaca la aplicación de una sonda prototipo para caracterizar las muestras de agua, la cual permite establecer tres líneas equipotenciales que cumplen con el concepto de diferencia de potencial, al tiempo que se registra una serie de magnitudes de voltaje, las cuales están relacionadas con la composición iónica de muestras de agua. Así mismo, se realizaron mediciones de propiedades fisicoquímicas como pH. Los resultados indicaron que la resistividad eléctrica de las muestras de agua es ligeramente mayor en la zona no urbanizada ($\# = 15.55 \text{ } \Omega\text{m}$) en comparación con la muestra de agua de la colonia habitacional ($\# = 13.34 \text{ } \Omega\text{m}$). De los datos registrados de diferencia de potencial se establece una distribución de frecuencia para cada muestra, la cual permite identificar diferencias notables asociadas a la composición iónica de las muestras de agua. Así mismo, la susceptibilidad magnética de los sedimentos indica que el valor promedio en la zona no urbanizada es de 0.392×10^{-3} SI. En contraste, en la colonia habitacional la susceptibilidad magnética de los sedimentos es de 0.168×10^{-3} SI, menor en comparación con la zona no urbanizada. En general (en ambas zonas de estudio) estos valores de $\#$ se consideran bajos y se justifican por la presencia de altos contenido de CaCO_3 (entre 70 y 80%). Por esta razón el pH de los sedimentos se presenta como moderadamente alcalino. Se concluye que las propiedades físicas y fisicoquímicas de los sedimentos son características de las rocas sedimentarias, los cuales se han depositado en el río. Sin embargo, se destaca el beneficio práctico de las técnicas de medición (propuestas), ya que proporcionan mediciones sensibles y consistentes, capacidades que fomentan el entendimiento de conceptos fundamentales de las propiedades físicas de sedimentos y muestras de agua.

EG-62 CARTEL

MEDICIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS Y AGUA BAJO CONDICIONES CONTRALADAS DE LABORATORIO

Nerio Rocha Jesus, Garza de León Humberto, Lumbreras Farías Alejandra, López Saucedo Felipe y Batista Rodríguez José Alberto
Escuela Superior de Ingeniería "Lic. Adolfo López Mateos", Universidad Autónoma de Coahuila
jesusnerio@hotmail.com

En el presente trabajo se estudiaron los conceptos físicos flujo eléctrico (#), resistividad eléctrica (#) y susceptibilidad magnética (#), bajo condiciones contraladas de laboratorio. Dichos conceptos físicos se aplicaron para caracterizar muestras de sedimentos y agua del río Álamos, de la localidad de San Juan de Sabinas, Coahuila, México, con el objetivo de fortalecer la experiencia del aprendizaje significativo y sistematizado entorno al entendimiento de problemas reales, dirigidas para el desarrollo del aprendizaje de conceptos fundamentales de ciencia básica. En términos generales se estudiaron muestras de dos puntos seleccionados; uno de ellos localizado en una zona no urbanizada y el segundo en una zona urbanizada. El trabajo experimental inició con el recorrido en las zonas de estudio para registrar la descripción de los procesos geodinámicos (e.g., procesos exógenos) asociados al río Álamos. Seguido de la recolección de las muestras de agua (se colectaron alrededor de 4 L) y sedimentos (se recolectaron alrededor de 5 kg), de las cuales también se registraron datos cualitativos (e.g., color, olor, textura, etc.). Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio de Física de la Escuela Superior de Ingeniería para realizar las mediciones de flujo eléctrico (#), y resistividad eléctrica (#) para las muestras de agua. Para estas mediciones se empleó una sonda-prototipo de geometría rectangular de 1260 cm³ fabricada en acrílico, con electrodos de acero inoxidable. Mientras que la medición de susceptibilidad magnética solamente se utilizó para caracterizar los sedimentos con un sistema KT10V2. Los resultados más relevantes indicaron que en la zona no urbanizada las muestras de agua presentan valores de $\# = 0.1722 \text{ Nm}^2\text{C}$ y $\# = 15.55 \text{ } \Omega\text{m}$, mientras que los sedimentos se caracterizaron por valores de $\# = 0.3092 \times 10^{-3}$

SI. En comparación con la zona urbanizada las muestras de agua indicaron que χ incrementó ligeramente a 0.1862 Nm²/C, y la resistividad eléctrica disminuyó $\chi = 14.87 \text{ } \Omega\text{m}$, mientras que los sedimentos mostraron $\chi = 0.2040 \times 10^{-3} \text{ SI}$, magnitud menor en comparación con la zona no urbanizada. Una de las observaciones principales sugiere que la medición de χ y χ permiten inferir cambios significativos en la composición iónica del agua entre las secciones estudiadas del río. Así mismo, la aplicación la medición de χ indica que la concentración de elementos susceptibles a magnetizarse en los sedimentos disminuye de la zona no urbanizada a la zona urbanizada. Finalmente se concluye que la aplicación de las mediciones de χ , χ y χ representan un método pedagógico que permite mejorar el entendimiento de los conceptos de campo eléctrico y campo magnético. Sin embargo, se reconoce que es importante continuar el estudio de evaluación.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizadores:
Víctor de la Luz
Enrique Pérez

FE-1

ESTUDIO EXPERIMENTAL-TEÓRICO SOBRE LA ESTABILIDAD DE CITOSINA EN SIMULACIÓN DE CHARCAS EN LA TIERRA PRIMITIVA Y EL MEDIO INTERESTELAR

Paredes Arriaga Alejandro^{1,2}, Negrón Mendoza Alicia¹ y Rivera López Ana Leonor^{1,3}¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM³Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM
apa@ciencias.unam.mx

Se presentan los avances de un trabajo experimental-teórico que tiene como objetivo analizar la estabilidad de la citosina en suspensión con montmorillonita sódica y exponerse a una fuente de alta radiación gamma. Para la parte experimental, se analizaron curvas patrón de citosina (5×10^{-4} M) a pH2, mediante fotospectrometría UV, observando un máximo a 265 nm; posteriormente, se saturaron los canales interlaminares del mineral con disoluciones citosina hasta dejar un porcentaje de la base nitrogenada en suspensión con el mineral, estas muestras fueron irradiadas para posteriormente evaluar la estabilidad de la molécula orgánica. Nuestros primeros resultados muestran una estabilidad de la base nitrogenada mayor cuando se encuentra en interacción con el mineral. Se modeló con HyperChem 8.0.1 un sistema análogo a la interacción de la citosina con una capa del mineral, tanto por dinámica molecular como por un método semiempírico, para comparar lo sucedido a nivel molecular. Se propone un mecanismo de reacción para la citosina en un medio acuoso al ser irradiada y se generó un método numérico para comparar las velocidades de reacción y aproximar las constantes de velocidad de reacción desconocidas mediante modelación en Python 3.0. Todo esto es realizado dentro del contexto de la evolución química, simulando posibles microambientes en la Tierra primitiva y en el medio interestelar.

FE-2

ESTUDIO FOTOMÉTRICO Y MODELAJE DE ASTEROIDES

Villegas Ramos Luis Alfonso

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
alfvillram94@gmail.com

En las últimas dos décadas, el estudio de los Objetos Cercanos a la Tierra (NEOs, por sus siglas en inglés) ha aumentado exponencialmente. Actualmente se conocen alrededor de 800,000 asteroides, de los cuales 10,000 son NEOs, y el estudio de sus propiedades se limita a sólo unos cuantos miles de ellos. Debido a este renovado interés y a la falta de información acerca de estos cuerpos celestes, se decidió en el año 2015 realizar la primera Campaña Nacional de Asteroides en México; el trabajo a realizar contribuirá a la tercera edición de esta campaña. El objetivo principal del trabajo de investigación en desarrollo es aportar información, a través de la utilización de curvas de luz, sobre asteroides cuyos parámetros orbitales aún no están bien definidos para así poder sistematizar el procedimiento y poder aplicar estas técnicas al estudio de los NEOs. Esto se llevará a cabo haciendo el estudio fotométrico de doce asteroides utilizando el software Minor Planet Observatory Canopus, una comparación entre la obtención de las curvas de luz mediante el análisis de Fourier y de ondas, y una comparación entre los diversos softwares de modelación de asteroides. En este trabajo se presentarán los primeros resultados de la investigación del estado del arte de los asteroides y NEOs, y las primeras comparaciones entre las diferentes formas de análisis para obtener las curvas de luz y de los softwares de modelado.

FE-3

RAYOS CÓSMICOS Y CLIMA ESPACIAL

González Luis Xavier

Servicio de Clima Espacial - México, IGUM, UNAM, SCIESMEX
xavier@geofisica.unam.mx

El flujo de rayos cósmicos detectados se ve modulado por la actividad solar. Las emisiones del Sol afectan el clima espacial y pueden provocar variaciones significativas en las cuentas de los rayos cósmicos registrados. Los diferentes fenómenos provocados por las emisiones de la actividad solar que impactan la Tierra, producen distintas variaciones en los registros de los detectores. En este trabajo, se muestran las variaciones en función a los diferentes fenómenos que impactan el clima espacial.

FE-4

LA SOMBRA DEL SOL OBSERVADA POR HAWC

Colín Farías Paulina Maricela y Lara Alejandro

Instituto de Geofísica, UNAM
pau.c06@gmail.com

La corona es la capa más externa de la atmósfera del Sol, está estructurada por campos magnéticos que hasta la fecha no se han podido determinar con precisión. Así, conocer el campo magnético de la corona solar es el objetivo principal en este

proyecto. Debido a que es muy difícil realizar mediciones directas del campo coronal, en este trabajo utilizamos el déficit del flujo observado de rayos cósmicos (RC), cuando son bloqueados por el Sol y su campo magnético, es decir usamos los mapas de la sombra del Sol para deducir las características generales del campo magnético coronal, esto se basa en el hecho de que la afectación de los RC y la morfología de la sombra, dependen de la energía de los RC y la intensidad del campo magnético. En particular, presentamos mapas de la sombra del Sol integrados por rotaciones Carrington; la configuración magnética de la corona baja durante estas rotaciones, obtenida mediante la extrapolación del campo magnético fotosférico; y análisis preliminar de la dispersión y evolución temporal observada en los mapas. Las observaciones del flujo de RC las obtuvimos con el detector de rayos gamma de gran altura HAWC (High Altitude Water Cherenkov), localizado en el Volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla a 4100 metros de altura s.n.m.

FE-5

JET FORMATION AND EVOLUTION DUE TO 3D MAGNETIC RECONNECTION

González José Juan^{1,2}, Guzmán Francisco S.¹, Fedun Viktor¹, Verth Gary¹, Shelyag Sergiy² y Regnier Stephane³¹Instituto de Física y Matemáticas, UMSNH²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM³Department of Automatic Control and Systems Engineering, University of Sheffield⁴School of Mathematics and Statistics, University of Sheffield⁵Department of Mathematics, Physics and Electrical Engineering, Northumbria University
javiles@ifm.umich.mx

Using simulated data-driven three-dimensional resistive MHD simulations of the solar atmosphere, we show that magnetic reconnection can be responsible of the formation of jets with similar characteristics to Type II spicules. For this, we numerically model the photosphere-corona region using the C7 equilibrium atmosphere model. The initial magnetic configuration is a 3D potential magnetic field, extrapolated up to the solar corona region from a realistic simulation of solar photospheric magnetoconvection model which is mimicking the quiet-Sun. In this case we consider a uniform and constant value of the magnetic resistivity of $12.56 \times 10^{-11} \Omega \cdot m$. We have found that formation of the jets depends on the Lorentz force, which helps to accelerate the plasma upwards. Analyzing various properties of the jet dynamics, we found that the jet structure shows Doppler shift near to regions with high vorticity. The morphology, upward velocity, covering a range up to 100 km/s, and life-time of the structure longer than 100 s, are similar to those expected for Type II spicules.

FE-6

STATISTICAL ANALYSIS OF SUCCESSIVE CORONAL MASS EJECTIONS IS CME PRODUCTION A STOCHASTIC PROCESS?

Lara Alejandro¹, Gopalswamy Nat², Yashiro Seiji², Zhang Jie³, Niembro Hernández Tatiana¹ y Pérez Enríquez Roman¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²GSFC/NASA, Greenbelt MD, USA³Department of Physics and Astronomy, George Mason University, Fairfax VA, USA
alara@igeofisica.unam.mx

We present a statistical study of the waiting time of 25207 Coronal Mass Ejections (CMEs) observed by LASCO coronagraphs. We found that the waiting time (WT), i.e., the time elapsed between the first observation of two consecutive events is lower than 25 hrs for the 97% of the events and is lower than 5 hrs for 59 of the events. The tail of the distribution can be fitted (with low probability) by either an Exponential, Weibull or Pareto distributions. The fitting process is better when we take into account the different phases of the solar cycle. In this case the Pareto distribution has the highest probability in agreement with a stochastic process, although the short WTs, departs from such distribution suggesting a physical connection between the triggering of CMEs. This causality is supported by the fact that a large number of consecutive events have a Principal Angle (PA) difference within a range of 30 deg. Implying that CME tend to occur in similar source regions, probably associated to active longitudes and/or super active regions. Even more, analysing the speed distribution of the leading and trailing CMEs we found a small but significant speed excess of the trailing CME for short WTs.

FE-7

DISTRIBUCIÓN DE RAPIDEZES DE EMCS ASOCIADAS CON EVENTOS DE RAYOS GAMMA CON E > 100 KEV ENTRE 2002 Y 2015

Pérez Enríquez Roman¹, Carrillo-Vargas Armando² y Lara Alejandro³¹Centro de Geociencias, UNAM²Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM³Instituto de Geofísica, UNAM
roman@geociencias.unam.mx

Mientras que el número de eyecciones de masa coronal (EMCs) se encuentra en general bien correlacionada con el ciclo de actividad de manchas, las observaciones

específicas para el periodo 2002-2014 indican que mientras el pico de manchas del ciclo 23 es mayor significativamente que el del 24, los registros de las eyecciones están al revés. Por otro lado, aunque los eventos de rayos gamma con $E > 100$ keV, obtenidos a partir del catálogo de RHESSI, siguen también el ciclo de manchas, los eventos más energéticos no lo siguen, ni están asociados con las eyecciones de plasma más rápidas. En este trabajo se presenta una discusión sobre las diferencias de las distribuciones de rapidez de las EMCs, en general, y de aquellas relacionadas con los eventos de rayos gamma.

FE-8

EFICIENCIA GENERADA POR LA INCLINACIÓN DE LA INTERFASE DE CORRIENTE ASOCIADA A LAS SIRS DURANTE 2007-2008

Sánchez-García Elsa¹, Aguilar Rodríguez Ernesto² y González Esparza Juan Américo³

¹PCT, UNAM

²IGF/Unidad Michoacán/UNAM

³SCIESMEX/UNAM

elsasg@igeofisica.unam.mx

El límite entre los flujos de viento solar rápido y viento solar lento es conocido como interfase de corriente (IC) dentro de las regiones de interacción de corrientes (SIRs). Cuando las SIRs interactúan con la magnetosfera terrestre puede haber reconexión magnética e inducir una tormenta geomagnética. En este trabajo mostraremos una análisis preliminar de la eficiencia de la inclinación de la IC basándonos en diferentes índices geomagnéticos medidos a diferentes latitudes: PCN (Polar cap north), PCS (polar cap south), aa (antipodal amplitude), AE (Auroral Electrojet), Kp (estimated global index) y SYM-H (symmetric disturbance component in H). Analizamos si la máxima intensidad de cada índice esta asociada con la inclinación de la IC.

FE-9

PROTOCOLO DE REACCIÓN ANTE UN EVENTO EXTREMO DE CLIMA ESPACIAL

González Esparza Juan Américo¹, De la Luz Víctor², Corona-Romero Pedro³, Mejía Ambríz Julio⁴, González Luis Xavier⁵ y Sergeeva Maria⁶

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

²Cátedras CONACYT, Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM
americo@igeofisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) opera el Servicio de Clima Espacial (SCIESMEX) y coordina junto con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y la Agencia Espacial Mexicana (AEM) el grupo de trabajo "Clima Espacial en México". Este grupo convoca a representantes de agencias gubernamentales y militares y tiene como uno de sus objetivos desarrollar los protocolos que indica la Ley General de Protección Civil para prevenir al país ante fenómenos astronómicos. Por otra parte, hay una serie de esfuerzos globales para fortalecer la colaboración internacional para registrar, estudiar e intercambiar datos en tiempo real de eventos de clima espacial. Estos esfuerzos internacionales incluyen el grupo de expertos de clima espacial del comité técnico de la oficina para el uso pacífico del espacio ultraterrestre de las Naciones Unidas, el Internacional Space Environment Services (ISES), el grupo de trabajo de clima espacial de la organización meteorológica mundial (WMO) de las Naciones Unidas y el International Space Weather Initiative (ISWI). En todos estos grupos el LANCE tiene la responsabilidad de representar a México. Este trabajo reporta los avances en el diseño de un protocolo de reacción nacional ante un evento extremo de clima espacial. Este protocolo involucra una coordinación entre el servicio de clima espacial y el sistema nacional de protección civil. El sistema de alerta temprana debe operar con estándares internacionales y requiere de una coordinación global con los organismos mundiales mencionados previamente.

FE-10

EL CENTRO DE SUPERCÓMPUTO DE CLIMA ESPACIAL MÉXICO (CESCOM)

De la Luz Víctor¹, González Esparza Juan Américo², González Aviles José Juan³, Tapia Vázquez Francisco⁴, Huipe Domratheva Elizandro⁵, Miranda Salcido Carlos Humberto⁶, Aguilar Javier Fernando Rodrigo⁷ y Domínguez Gilberto⁸

¹CONACYT - Servicio de Clima Espacial México - Laboratorio Nacional del Clima Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³ENES Morelia UNAM

⁴Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
vdelaluz@igeofisica.unam.mx

Dentro de las operaciones en el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) una de las tareas fundamentales es el almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos de la red de instrumentación así como el desarrollo de herramientas de software para la operación del Servicio de Clima Espacial (SCIESMEX) y para la investigación de ciencia básica. Estas funciones están siendo concentradas en el Centro de Supercómputo de Clima Espacial (CESCOM). En este trabajo presentamos los avances en el desarrollo de la infraestructura del CESCOM

que incluyen: El Repositorio Institucional de Clima Espacial (RICE), el centro de datos de la Unidad Michoacán del Instituto de Geofísica de la UNAM (IGUM), la sala de visualización científica y el repositorio de software.

FE-11

ANÁLISIS DE CLIMA ESPACIAL Y SU IMPACTO SOBRE ESTUDIOS GEOFÍSICOS

López-Montes Rebeca y Romo Jones José Manuel

CICESE

rebecamont@gmail.com

El propósito de este trabajo es presentar un proyecto que tiene como objeto estudiar el clima espacial utilizando la red geodésica activa de CICESE, SSN, INEGI y TLALOCNet, para calcular de forma continua el contenido electrónico de la ionosfera (TEC). Por otra parte se aprovecharán las estaciones de monitoreo electromagnético que se desarrollan en CICESE para entender los mecanismos formadores de perturbaciones ionosféricas y sus efectos sobre investigaciones geofísicas que utilizan campos electromagnéticos, como magnetotélitico y VLF.

FE-12

SISTEMA DE DETECCIÓN DE ESTALLIDOS DE RADIO SOLARES CON CALLISTO-MEXART

Huipe Domratheva Elizandro¹, De la Luz Víctor², González Esparza Juan Américo³, Andrade Ernesto⁴, Villanueva Hernández Pablo⁵, Mejía Ambríz Julio⁶, Aguilar Rodríguez Ernesto⁷, Monstein Christian⁸ y Miranda Carlos⁹

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³ETH Zurich

⁴Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

hdomeli@gmail.com

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), cuya instrumentación se encuentra en la localidad de Coeneo Michoacán, cuenta con 2 antenas de radio a bajas frecuencias: El MEXART (Mexican Array Radio Telescope) y la estación Callisto-MEXART. Las antenas Callisto son radioespectrógrafos usados para detectar estallidos de radio solares, forman parte de la red internacional e-callisto que en conjunto monitorean al Sol las 24 horas, la estación instalada en el LANCE abarca un ancho de banda de 50-225 Mhz. A la fecha, Callisto-MEXART tiene registro de más de 24 eventos desde que inició sus operaciones en 2015 MEXART por otro lado es un arreglo de 4096 dipolos abarcando una superficie de 9500 metros cuadrados, opera a una frecuencia central de 149.6 Mhz con un ancho de banda de 2 Mhz, esta antena lleva operando desde 2008. El propósito de MEXART es usar el método de centelleo interplanetario para hacer pronósticos del viento solar. Sin embargo, en sus registros aparecen detectados diversos estallidos de radio solares corroborados con las antenas Callisto. En este estudio se mostrarán los resultados en el análisis del espectro radioeléctrico local, la detección y comparación de señales de los estallidos de radio por parte de estas dos antenas que permitirá conocer las propiedades y naturaleza de estas, además de su afectación en las radiocomunicaciones. También se realizará un análisis en las propiedades técnicas de los radiotelescopios que permitirán una operatividad más óptima y determinar otras aplicaciones para MEXART.

FE-13

EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL REGISTRADOS EN EL LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL (LANCE) CON EL MEXART: VIENTO SOLAR, EYECCIONES DE MASA CORONAL, IONOSFERA, REGIONES ACTIVAS Y FULGURACIONES

Mejía Ambríz Julio¹, González Esparza Juan Américo², De la Luz Víctor³, Aguilar Rodríguez Ernesto⁴, Villanueva Hernández Pablo⁵, Sergeeva Maria⁶, Chang Martínez Tania Oyuki⁷, Pérez Alanís Carlos Arturo⁸, Reyes Marín Pedro Alberto⁹ y Corona-Romero Pedro¹⁰

¹CONACYT - LANCE, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

²LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁵Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
jcmejia@igeofisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) cuenta con distintos instrumentos en Tierra para recolectar datos del estado de clima espacial. Uno de estos instrumentos es el Mexican Array Radio Telescope (MEXART), el cual está principalmente dedicado a la detección remota de viento solar y eyecciones de masa coronal mediante el análisis del centelleo interplanetario (el centelleo de la señal de galaxias activas debido a su paso por el viento solar) a 140 MHz. El MEXART es también capaz de detectar perturbaciones ionosféricas asociadas a la llegada de eventos transitorios a la Tierra mediante el análisis de centelleo ionosférico. Adicionalmente, el MEXART ha seguido el Sol desde el inicio del presente Ciclo Solar 24 con observaciones de 8 minutos por día y ocasionalmente ha registrado parcialmente el proceso de fulguraciones solares intensas. En este

trabajo mostramos contribuciones importantes de eventos captados por MEXART para el Servicio de Clima Espacial México (SCiESMEX), el cual es un servicio que brinda el LANCE. Los eventos son: Eyecciones de masa coronal, arribo de eventos transitorios, la influencia de regiones activas en el flujo del Sol a 140 MHz y la detección de una fulguración clase M6.5.

FE-14

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE PERIODO LARGO DEL TEC SOBRE LATINOAMÉRICA

Romero Hernández Esmeralda¹, De Nardin Clezio M.², González Esparza Juan Américo³, Takahashi Hisao⁴, Rodríguez-Martínez Mario⁵, Sergeeva Maria⁶ y De la Luz Víctor⁵

¹Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴ENES Morelia UNAM

⁵SCiESMEX, Instituto de Geofísica, UNAM

cefeyda_esm@yahoo.com.mx

En este trabajo se analiza la variación del TEC durante dos periodos: 2011 (fase ascendente) y 2014 (máximo). Se presenta un primer análisis cualitativo de las asimetrías hemisféricas del TEC usando estaciones de GPS distribuidas sobre Latinoamérica. Diferentes aspectos, tales como efectos latitudinales y longitudinales, asimetrías estacionales, efectos de la actividad solar y tiempo de observación, son analizados.

FE-15

COMPORTAMIENTO DEL TEC EN LA REGIÓN NORTEAMERICANA DE LATITUDES BAJAS

Sergeeva Maria¹, González Esparza Juan Américo², Maltseva Olga³, De la Luz Víctor⁴, Corona-Romero Pedro⁵, Mejía Ambríz Julio⁶, González Luis Xavier⁷, Gatica-Acevedo Víctor J.⁸, Romero Hernández Esmeralda⁹, Rodríguez-Martínez Mario⁹ y Aguilar Rodríguez Ernesto²

¹LANCE, CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Institute for Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

⁴Instituto Politécnico Nacional, IPN

⁵LANCE, Universidad Autónoma de Nuevo León

⁶Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

maria.a.sergeeva@gmail.com

Esta contribución presenta un estudio del comportamiento de Contenido Total de Electrones (TEC) sobre la región norteamericana de latitudes bajas durante los periodos de actividad solar media (transitoria) entre los años 2005 y 2016. La región considerada incluye la parte sur de Estados Unidos, el territorio nacional de México y Puerto Rico (rango de latitudes geográficas 14° - 32° N, y de latitudes geomagnéticas 23° - 38° N). Las variaciones regulares fueron comparadas con modelos climatológicos de TEC. El comportamiento del TEC durante periodos perturbados mostró peculiaridades. Se demostró el potencial que la red local de GNSS provee para el análisis detallado de las variaciones del TEC y el estado de la ionosfera en la región considerada.

FE-16

COMPORTAMIENTO DEL VTEC IONOSFÉRICO DURANTE EL ECLIPSE PARCIAL DE SOL DEL 21 DE AGOSTO DE 2017

Méndez Bedolla Víctor Hugo¹, Rodríguez-Martínez Mario², Sergeeva Maria³ y González Esparza Juan Américo⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, ENES Morelia, UNAM

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

³LANCE, CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

misekito@gmail.com

El 21 de agosto de 2017 se observó un eclipse total de Sol sobre una amplia región de los Estados Unidos de América. Se sabe que este tipo de fenómenos tienen un efecto directo en la producción de iones y electrones en la ionosfera terrestre. Este trabajo presenta resultados preliminares a través del análisis de datos de receptores de GPSs para estudiar y comparar el comportamiento del contenido de electrones ionosférico (antes, durante y después del evento) a diferentes latitudes, particularmente en la ciudad de Morelia, Michoacán, donde el eclipse se observó de forma parcial, ya que el disco solar se cubrió sólo un 25% aproximadamente. Este análisis hace uso del código US_TEC para la construcción de: 1) mapas del contenido de electrones (vTEC), 2) mapas del comportamiento de la densidad molecular NmF2 ($10^{11}/m^3$) y 3) gráficas de densidad electrónica, Ne ($10^{11}/m^3$).

FE-17

ESTUDIO DE LA IONOSFERA SOBRE TERRITORIO MEXICANO PARA EL PERIODO 2012-2014 USANDO DATOS DE GNSS Y MEXART

Carrillo-Vargas Armando¹, Pérez Enríquez Roman² y Ugalde Calvillo Luis Gerardo¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

armando@igeofisica.unam.mx

Análisis detallados de las señales de operación del sistema global de navegación por satélite GNSS permite conocer el retraso temporal en sus señales de radio entre los receptores y transmisores de modo que aplicando técnicas de propagación de señales se puede de ondas de radio se puede estimar el contenido total de electrones (TEC) de la ionosfera. Por otro lado, también es posible estudiar la ionosfera empleando análisis de señales de fuentes de radio estelares detectadas con el radiotelescopio MEXART. Estas dos herramientas se utilizaron para examinar las características de la ionosfera sobre el territorio mexicano durante el reciente máximo de actividad solar. También se estimó el comportamiento del TEC en respuesta a la actividad solar transitoria y actividad geomagnética vinculada varios eventos muy intensos con duración de días. Se encontró que entre 2012 y 2014 el TEC sobre México presentó variaciones cíclicas con periodos de 1 año, 6 meses, 28 días y 24 horas. Con los datos de MEXART se encontró que existe una presencia significativa de centelleo ionosférico en la señal de la fuente de radio estelar 3C144 causado por irregularidades ionosféricas con escalas entre 250 m y 1.5 km que se mueven a velocidades cercanas a 30 m/s, y durante condiciones magnéticas perturbadas se intensifica el centelleo y las velocidades superan los 100 m/s.

FE-18

THE SEESAW SPACE, A VECTOR SPACE TO IDENTIFY AND CHARACTERIZE LARGE-SCALE STRUCTURES AT 1 AU

Niembro Hernández Tatiana y Lara Alejandro

Instituto de Geofísica, UNAM

tatiana@igeofisica.unam.mx

We introduce the seesaw space, an orthonormal space formed by the local and the global fluctuations of any of the four basic solar parameters: velocity, density, magnetic field and temperature at any heliospheric distance. The fluctuations compare the standard deviation of a moving average of three hours against the running average of the parameter in a month (consider as the local fluctuations) and in a year (global fluctuations). We created this new vectorial spaces to identify the arrival of transients to any spacecraft without the need of an observer. We applied our method to the one-minute resolution data of WIND spacecraft from 1996 to 2016. To study the behavior of the seesaw norms in terms of the solar cycle, we computed annual histograms and fixed piecewise functions formed by two log-normal distributions and observed that one of the distributions is due to large-scale structures while the other to the ambient solar wind. The norm values in which the piecewise functions change vary in terms of the solar cycle. We compared the seesaw norms of each of the basic parameters due to the arrival of coronal mass ejections, co-rotating interaction regions and sector boundaries reported in literature. High seesaw norms are due to large-scale structures. We found three critical values of the norms that can be used to determined the arrival of coronal mass ejections. We present as well general comparisons of the norms during the two maxima and the minimum solar cycle periods and the differences of the norms due to large-scale structures depending on each period.

FE-19

CÁLCULO TRIDIMENSIONAL DE LA EMISIÓN A LONGITUDES DE ONDA MILIMÉTRICAS UTILIZANDO LA RED CROMOSFÉRICA SOLAR

Miranda Salcido Carlos Humberto¹, De la Luz Víctor² y Añorve Christopher²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²CONACYT - Servicio de Clima Espacial México - Laboratorio Nacional del Clima Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM
chms.59@gmail.com

En este trabajo presentamos el cálculo teórico de la emisión cromosférica del Sol a longitudes de onda milimétricas (17 y 43 GHz) para generar mapas de emisión 2D aumentando gradualmente su resolución espacial, con y sin red cromosférica activa, en perfiles para regiones observadas como "brillantes" y "oscursas" dentro de la red, así como valores promedio. Por medio del código PakalMPI, para resolver la ecuación de transferencia radiativa en 3D, utilizamos una topología superficial de la red cromosférica proveniente de observaciones en la línea H α del experimento VAULT. A su vez, se estudiaron los tiempos de procesamiento requeridos para ejecutar las simulaciones con el fin de poder estimar el tiempo necesario para crear imágenes con la mayor resolución espacial. Encontramos que los tiempos estimados utilizando la infraestructura del Centro de Supercomputo de

Clima Espacial (CESCOM) del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) son viables.

FE-20

KINICH PAKAL: UN MÉTODO DE CONVERGENCIA PARA MODELOS SOLARES CROMOSFÉRICOS SEMI-EMPÍRICOS USANDO EL METODO DE LEVENBERG-MARQUARDT

Tapia Vázquez Francisco¹ y De la Luz Víctor²

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²LANCE-Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
ftapia.va@gmail.com

En este trabajo presentamos los resultados de convergencia para modelos cromosféricos basado en el método de Levenberg-Marquardt. El modelo minimiza las diferencias entre el espectro observado y el sintético a longitudes de onda del radio, milimétrico, sub-milimétrico y lejano infrarrojo. El espectro sintético es calculado por un modelo de emisión y de equilibrio hidrostático que toma como valores iniciales el perfil de temperatura ajustado por Levenberg-Marquardt. El caso de prueba que presentamos es para la estrella de tipo solar Alpha Centauri A, cuya cercanía en términos astronómicos nos permite probar y refinar las pruebas de convergencia. Los resultados muestran que es posible adaptar un modelo cromosférico solar a las estrellas de tipo solar.

FE-21

MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PROPIEDADES DEL VIENTO SOLAR USANDO OBSERVACIONES DE CIP A 140 MHZ

Pérez Alanis Carlos Arturo¹, Aguilar Rodríguez Ernesto² y Mejía Ambríz Julio³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²CONACYT, SCIESMEX, UNAM
cperez.art@gmail.com

El radiotelescopio (MEXART) es un instrumento dedicado a observaciones de centelleo interplanetario (CIP) a 140 MHz para estudiar propiedades del viento solar, como densidad y velocidad. Observaciones de CIP pueden ser usadas para proveer, en tiempo real, mediciones del viento solar que pueden tener aplicaciones para propósitos de predicción en clima espacial. Reportamos la implementación del procedimiento de MEXART para calcular densidad y velocidad del viento solar. Estos valores se imprimen en un formato definido dados por otros radiotelescopios de CIP para unificar una red global de CIP. Este formato es usado para implementarlo en un modelo tomográfico en 3-D, que provee la Universidad de California, UCSD. Mostramos algunos resultados de este modelo tomográfico usando datos del MEXART.

FE-22

ESTUDIOS DE CENTELLEO INTERPLANETARIO PARA LA DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS DEL VIENTO SOLAR

Chang Martínez Tania Oyuki¹, Bisi Mario M.², González Esparza Juan Américo³, Fallows Richard⁴ y Aguilar Rodríguez Ernesto³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²RAL Space, STFC Rutherford Appleton Laboratory, UK

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Netherlands Institute for Radio Astronomy, Netherlands
tania.oyuki@gmail.com

El fenómeno de Centelleo Interplanetario (CIP) ha sido estudiado principalmente para la determinación de velocidades y cambios de densidad de las estructuras del viento solar, esta técnica es capaz de brindar información en regiones de la heliosfera que ninguna otra puede. Existen dos formas de obtener velocidades por medio de CIP, una es multi-estaciones y la otra es de una sola estación. En este trabajo se exploraron ambas técnicas comparándolas directamente para conocer las capacidades y limitaciones de cada una para describir eventos complejos en el medio interplanetario. Se analizaron las observaciones del 14 de Mayo de 2015 de la radiofuente J0319 + 415 con el instrumento MERLIN (Multi-Element Radio-Linked Interferometer Network) a 1,420 MHz. Se presentan los resultados de los análisis de las dos técnicas para obtención de velocidades y se explora más a fondo los parámetros del modelo de una sola estación para describir cambios en turbulencia y anisotropía del medio.

FE-23

EL TELESCOPIO DE NEUTRONES SOLARES EN CHACALTAYA, BOLIVIA

González Luis Xavier
Servicio de Clima Espacial - México, IGUM, UNAM, SCIESMEX
xavier@geofisica.unam.mx

El Telescopio de Neutrones Solares (TNS) en Chacaltaya, Bolivia, se encuentra funcionando desde 1993 a 5250 m s.n.m. Además de medir el fondo de rayos cósmicos galácticos, el TNS tiene la capacidad de detectar el flujo de neutrones solares, que se producen por intensas reacciones nucleares en la atmósfera del Sol durante las fulguraciones. En este trabajo, se expone el funcionamiento y eventos detectados por el TNS, así como resultados de la simulación del paso de partículas a través del detector, con base en GEANT4.

FE-24

OBSERVATORIO SOLAR DE LA ENES-UNAM UNIDAD MORELIA: MONITOREO CONTINUO DE LA ACTIVIDAD SOLAR

Rodríguez-Martínez Mario¹, Fernández Álvarez del Castillo Aranza¹, Reyes Marín Pedro Alberto², Mejía Ambríz Julio³, Méndez Bedolla Víctor Hugo⁴, Chang Martínez Tania Oyuki⁵, González Esparza Juan Américo⁶, Haro Corzo Sinhue Amos Refugio¹, Pérez Tijerina Eduardo⁶, Pérez León Enrique⁶, Saucedo Morales Julio César⁷, Olguin Ruiz Lorenzo¹, Loera González Pablo¹, Aguilar Rodríguez Ernesto² y De la Luz Víctor³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Instituto de Geofísica, Laboratorio Nacional del Clima Espacial, Cátedras CONACYT

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁵Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁶Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL

⁷Departamento de Física, Universidad de Sonora
mrodriguez@enesmorelia.unam.mx

Con la creación del Laboratorio de Ciencias GeoEspaciales (LACIGE, www.lacige.unam.mx) de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) del UNAM unidad Morelia entre el 2015 y el 2016, se puso en marcha la creación del Observatorio Solar de esta dependencia a partir de marzo de 2017. La motivación de contar con un observatorio de este tipo, tiene tres razones principales: a) realizar investigación de la actividad solar observada a partir de imágenes en H-alpha (6562.8 Å), b) monitorear esta actividad diariamente al generar imágenes del Sol, como parte de la colaboración y apoyo al Laboratorio Nacional del Clima Espacial (LANCE, www.lance.unam.mx) y c) apoyo a la docencia para la formación de estudiantes de la licenciatura en Geociencias y del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Si bien este observatorio no es único en el país, se está buscando conformar una red de observatorios en el territorio mexicano dedicados al monitoreo conjunto del Sol en campañas que permitan tener imágenes del Sol en diversas longitudes de onda para estudios del Clima Espacial. En este contexto, el Observatorio de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Observatorio Solar Carl Sagan de la Universidad de Sonora (UNISON) en conjunto con el Observatorio Solar de la ENES-UNAM unidad Morelia están colaborando con el LANCE para estos fines. En este trabajo se presentarán avances particularmente enfocados al Observatorio Solar de la ENES-UNAM unidad Morelia, así como avances hacia la conformación de un catálogo de imágenes solares para uso del Clima Espacial en los servidores del LANCE.

FE-25 CARTEL

MÓDULO DE VALIDACIÓN HUMANA EN EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE CLIMA ESPACIAL

Aguilar Javier Fernando Rodrigo¹, De la Luz Víctor², González Esparza Juan Américo³ y Castellán Pescina José Gilberto⁴

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²CONACYT - Servicio de Clima Espacial México - Laboratorio

Nacional del Clima Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
faguilar@comunidad.unam.mx

Dentro de las responsabilidades del Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX) se encuentra el envío de avisos, reportes y recomendaciones sobre eventos de Clima Espacial (CE) a las autoridades y al público en general. En este contexto, el tiempo de envío es fundamental para ejecutar las medidas de prevención, mitigación y toma de decisiones por parte de las autoridades de protección civil de México en el marco del CE como un fenómeno natural que puede poner en riesgo la infraestructura, el patrimonio y la salud de los mexicanos. El SCIESMEX, ha desarrollado un Sistema de Alerta Temprana de Clima Espacial (SATCE), el cual esta enlazado al sistema de alerta internacional proveniente del Space Weather Prediction Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration (SWPC/NOAA) que forma parte del International Space Environment Service (ISES) del cual el SCIESMEX es oficialmente reconocido como el Regional Warning Center (RWC) de México. El SATCE se encuentra completamente automatizado, sin

embargo es necesario una etapa de validación por parte de los expertos en CE del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) para corroborar y verificar que la información enviada a las autoridades sea fidedigna. En este trabajo presentamos el diseño y los avances en la implementación del módulo de validación humana dentro del SATCE que se integrará a los protocolos internos del LANCE y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

FE-26 CARTEL

REGISTROS DEL EVENTO CARRINGTON EN MÉXICO - LA GRAN AURORA BOREAL DE 1859

González Esparza Juan Américo¹ y Cuevas-Cardona Consuelo²

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
americo@igeofisica.unam.mx

La mayor tormenta solar de la cual se tiene registro es el evento del 30 de agosto de 1859 reportado por Richard Carrington. Esta tormenta solar produjo las auroras boreales más intensas que se han observado en la historia. Hasta la fecha se desconoce que estas auroras también fueron registradas en México que transitaba en ese momento por la guerra de reforma. Este trabajo reseña las condiciones de la ciencia en el país a mediados del siglo XIX y los reportes de la aurora boreal asociadas con la fulguración de Carrington, destacando las observaciones de Joaquín Vázquez de León y sus alumnos de astronomía de la Escuela de Minería.

FE-27 CARTEL

IMÁGENES SOLARES OBTENIDAS DESDE EL OBSERVATORIO SOLAR DE LA ENES-UNAM UNIDAD MORELIA PARA LA COLABORACIÓN CON EL LANCE EN EL MONITOREO DE LA ACTIVIDAD SOLAR

Reyes Marín Pedro Alberto¹, Mejía Ambríz Julio², Rodríguez-Martínez Mario³, Chang Martínez Tania Oyuki⁴, Pérez Tijerina Eduardo⁵ y Saucedo Morales Julio César⁶

¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²CONACYT - LANCE, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁵Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

⁶Observatorio Carl Sagan, Universidad de Sonora
pedro_alberto.rm@hotmail.com

El Laboratorio de Ciencias Geoespaciales (LACIGE) [http://www.lacige.unam.mx], localizado en las instalaciones de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-UNAM) Unidad Morelia, cuenta con un observatorio solar dedicado a la obtención de imágenes solares. El laboratorio tiene las condiciones necesarias para realizar la observación y almacenamiento de imágenes diarias para el monitoreo del Sol en H-alfa (656.3 nm). El observatorio está conformado por 2 telescopios (un refractor de 90mm y un telescopio reflector de 14"), así como una cámara Celestron monocromática. Las imágenes obtenidas son procesadas y analizadas para ubicar en detalle regiones activas en nuestra estrella. Dada la dependencia tecnológica actual de la sociedad, hoy más que antes es importante estudiar y monitorear la actividad solar. En este contexto de estudio, el LACIGE tiene una colaboración directa con el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) [http://www.lance.unam.mx], en la que diariamente se obtienen estas imágenes en tiempo real para tener información del estado actual de la actividad solar. En este trabajo se presentarán las técnicas usadas para obtener y analizar imágenes de la superficie solar, así como la descripción de la instrumentación involucrada y la función del observatorio como parte de una red de instrumentos de clima espacial con que cuenta el LANCE. Es importante mencionar que éste trabajo es parte de una colaboración más amplia de otros observatorios con el LANCE, tales como el Observatorio de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Carl Sagan de la Universidad de Sonora, en el que se busca tener un monitoreo del Sol con imágenes en otras longitudes de onda.

FE-28 CARTEL

MODELOS DE PROPAGACIÓN DE EMCS Y SU IMPACTO EN EL PRONÓSTICO DEL CLIMA ESPACIAL TERRESTRE

Bautista-Hernandez Ana maria¹, Corona-Romero Pedro² y Pérez Tijerina Eduardo³

¹Maestría en Astrofísica, Facultad de Físico Matemáticas, UANL

²Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL
ann.bta05@gmail.com

Las eyecciones de masa coronal (EMCs) súper-magnetosónicas (rápidas) son desencadenantes de las principales perturbaciones del clima espacial de la Tierra. Esto ha motivado el interés en entender y predecir la trayectoria de las EMCs desde las cercanías del Sol hasta la Tierra. En este trabajo se revisan siete modelos analíticos usados para aproximar la trayectoria de EMCs. Cada modelo parte de ciertas hipótesis y aplica diferentes mecanismos físicos para describir la interacción dinámica de las EMCs con el viento solar ambiente. Cinco de los modelos se basan en arrastre viscoso (2 lineales, 2 cuadráticos y 1 turbulento), mientras que los otros

dos se basan en arrastre inercial (1 presión dinámica y 1 acumulación de masa). Los objetivos de esta revisión son: (i) Clarificar cuáles son los mecanismos (modelos) adecuados para describir dicha dinámica y su rango de validez. (ii) Determinar si los modelos analíticos pueden ser empleados para la predicción sistemática de las trayectorias de las EMCs. Para ellos, se usaron los siete modelos para analizar veinte EMCs rápidas que impactaron el ambiente terrestre en el periodo 1998-2015. Se encontró que los cinco modelos no lineales describen la trayectoria de los eventos analizados mejor que los dos modelos de arrastre lineal. Además, los resultados de los modelos no lineales tuvieron sistemáticamente resultados similares entre sí. Los resultados sugieren que: (i) Los modelos de arrastre viscoso cuadrático e presión dinámica parecen ser los más apropiados para reproducir las trayectorias de las ICMs rápidas. Puesto que, además de ser capaces de reproducir los datos asociados a la trayectoria de las EMCs, también son consistentes con restricciones teóricas y empíricas; a diferencia del resto de los modelos. (ii) Estos modelos son herramientas tentativas para la predicción de la trayectoria de EMCs. Debido a que existen indicios que sugieren que los parámetros libres de los modelos pueden ser estimados a partir de las condiciones iniciales de las EMCs.

FE-29 CARTEL

LA RELACIÓN TITIUS-BODE COMO HERRAMIENTA PREDICTIVA PARA LA BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS

Lara Cruz Patricia¹, Cordero Tercero María Guadalupe² y Allen Christine²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Astronomía, UNAM
lara@geofisica.unam.mx

Los semiejes mayores de los planetas de nuestro Sistema Solar obedecen a una simple progresión geométrica conocida como la Relación Titius-Bode (TBR), cuyo origen físico sigue siendo discutido. Se ha demostrado que los sistemas exoplanetarios siguen una progresión similar (pero no idéntica) de la forma $a \approx b^n$. Desde su formulación, la Relación Titius-Bode se ha distinguido por su alta capacidad predictiva. Con los datos actuales de los sistemas exoplanetarios demostraremos que el TBR es una herramienta eficiente para predecir los periodos de las órbitas de los planetas que están a punto de ser descubiertos. Mostraremos aquí que si tenemos al menos los periodos orbitales de 4 planetas conocidos en un sistema planetario, entonces es posible predecir otros planetas en ese sistema con un error promedio en sus periodos del 16%.

FE-30 CARTEL

COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE ESPECTRAL DE IPS EN EL VIENTO SOLAR NOMINAL Y EN LAS EMCS

Aguiar Rodríguez Ernesto¹, Mejía Ambríz Julio², Chang Martínez Tania Oyuki³ y González Esparza Juan Américo⁴

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²CONACYT - LANCE, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
ernesto@igeofisica.unam.mx

En este trabajo examinamos las observaciones de velocidad obtenidas por diferentes radiotelescopios, en diferentes longitudes de onda, y las utilizamos para estimar la velocidad en diferentes posiciones sobre la línea de visión a la fuente de radio, para poder incluir estas variaciones de velocidad en el modelo espectral. Posteriormente examinaremos las observaciones en luz blanca de eyecciones de masa coronal (EMCs) que pudieron cruzar la línea de visión de las observaciones para comparar el índice espectral de las observaciones de EMCs con las observaciones de viento solar nominal.

FE-31 CARTEL

CALIBRACIÓN DE UNA CÁMARA ALL SKY VIEW EN LANCE

Villanueva Hernández Pablo¹, Sergeeva Maria², Haro Corzo Sinhue

Amos Refugio³, Andrade Ernesto⁴ y Espinoza Jimenez Adan¹

¹Laboratorio Nacional de Clima Espacial, MEXART, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²LANCE, Sciesmex, UNAM

³ENES Morelia UNAM

⁴Instituto Tecnológico de Morelia
pablo@geofisica.unam.mx

En este trabajo se muestra la colocación y calibración de una cámara All Sky View en el techo del Laboratorio Nacional de Clima espacial. Para esto fue necesario buscar el lugar para garantizar el óptimo funcionamiento de esta. También se muestran los arreglos, y los implementos necesarios para asegurar la cámara (preparación del gabinete, instalación de un sistema de muestreo de temperatura y configuración del software para la obtención de imágenes).

FE-32 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE SWITCHEO Y BITÁCORA DEL MEXART

Villanueva Hernández Pablo¹, Carrillo-Vargas Armando², Andrade Ernesto³, González Esparza Juan Américo¹, Mejía Ambríz Julio¹ y De la Luz Víctor¹

¹Observatorio de Centelleo Interplanetario, UNAM, MEXART

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

pablo@geofisica.unam.mx

En el Observatorio de centelleo Interplanetario de Coeneo Michoacán del Laboratorio Nacional de Clima Espacial se tenía implementado un sistema de switcheo digital en base java, pero debido a que este sistema necesitaba de un observador que hiciera los cambios de haz esto se volvió impráctico. Con la creación del Sciesmex, se necesita tener un sistema automático que realice los cambios de haz y que el observador solo se encargue de verificar el correcto funcionamiento del programa. Para esto se implementó un programa en base "C" para programar los switcheos, además de que se complementó la información de las fuentes observadas para la publicación en línea de una bitácora de observaciones.

FE-33 CARTEL

KMEX, ÍNDICE DE ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA EN EL TERRITORIO MEXICANO

Corona-Romero Pedro¹, Sánchez-García Elsa², Sergeeva María¹, González Esparza Juan Américo¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero Juan Esteban³, Caccavari Garza Ana³, Aguilar Rodríguez Ernesto¹, Mejía Ambríz Julio¹, De la Luz Víctor¹ y González Luis Xavier¹

¹Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM
piter.cr@gmail.com

Los fenómenos derivados de la actividad solar afectan de diversas formas el campo magnético de la Tierra. Las tormentas geomagnéticas son las afectaciones más intensas del campo geomagnético, a escala planetaria, asociadas a la actividad solar. Las tormentas geomagnéticas son de especial importancia puesto que están asociadas a, o son precursoras de, alteraciones de la ionosfera terrestre y de afectaciones en tecnología e infraestructura primordiales para la seguridad de las naciones. Una de las principales herramientas para estimar la intensidad de una tormenta geomagnética es el índice geomagnético K. El índice K es una escala para valorar las afectaciones asociadas a las variaciones, globales y regionales, del campo geomagnético. En este trabajo presentamos el procedimiento de cálculo y de calibración del índice geomagnético K (Kmex). El índice geomagnético Kmex es una colaboración entre el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) y el Servicio Magnético del Instituto de Geofísica de la UNAM.

FE-34 CARTEL

DISTRIBUCIÓN DE LUMBRALES ANTIGUOS EN LA CARTOGRAFÍA UNIVERSAL CREADA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS POR EL ESTUDIO BARYON OSCILLATION SPECTROSCOPIC SURVEY (ENCUESTA ESPECTROSCÓPICA DE OSCILACIÓN BÁRICA) ESTIMANDO EL TAMAÑO DE LAS OSCILACIONES BARIÓNICAS

Zamora Ramírez Lucero Guadalupe
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
lucerozamora25081999@outlook.com

Nuestra investigación compila los datos arrojados por el estudio Baryon Oscillation Spectroscopic Survey (BOSS), perteneciente al proyecto Sloan Digital SkySurvey III (Rastreo Digital del Cielo Sloan III), el cual comenzó en el otoño de 2008, liderado por el astrónomo Daniel Eisenstein. Realizó observaciones durante seis años hasta el verano de 2014 en las instalaciones del Lawrence Berkeley National Laboratory (California, EUA). Es una extensión de los proyectos SDSS-I y II (2000). Dicho estudio tiene como propósitos principal determinar las distancias de las galaxias, unas de otras, y la velocidad con la que se alejan (debido a la expansión universal). Si se consigue medir la velocidad de las galaxias alejándose, se puede obtener su distancia. BOSS apunta a medir espectros (y, por tanto, corrimiento rojo z) para una muestra de 1.5 millones de galaxias que se extienden a $z = 0.8$ sobre 10.000 grado cuadrado, para utilizar la característica de oscilación bariónica (creadas a partir de la igualdad entre materia-radiación en el origen del universo) para hacer una medición del 1% de la distancia del diámetro angular en $z = 0.35$ y una separada medición no correlacionada al 1% en $z = 0.6$. Además, se observaron 150 cúasares con $z > 2.15$, y así determinar la escala de oscilación bariónica en $z \sim 2.5$, una época antes de que la energía oscura dominara 97.897% la expansión del universo. Recopilando todos los datos de este estudio se realizó una cartografía universal donde localizamos tres objetos celestiales lumbrales antiguos: los cúasares, las galaxias enanas esferoidales y los cúmulos globulares. Los cuales tienen una relación en específico, el orden polinomial. La ecuación que determinamos a partir de la constante polinomial es: $\#(s, \mu) = \#1 \#_1 (s) P_1 (\mu) \# (Xi)$ equivale a la velocidad de alejamiento

de los objetos de estudio. # Es el valor dado a la corriente roja. s Es la distancia de la corriente roja μ Es el coseno entre la distancia de la corriente roja espacial P_1 Es el orden polinomial $\#_1 = (DD(r) - 2DR(r) + RR(r))/RR(r)$ DD= Data-Data DR= Data-Random RR= Random-Random "2 puntos funcionales correlacionados son dados en términos paralelos a la corriente roja y perpendiculares a la distancia en la línea de luz" En cada caso, el resultado fue 71,000 km/h (71 km/s) que es la constante de Hubble y confirma nuestro trabajo. Al concluir nuestro trabajo se realizó la ubicación de los cúasares, las galaxias enanas esferoidales y los cúmulos globulares que habíamos estudiado, utilizando la constante de Hubble como medida de distancia entre ellas. Se resumió que el universo es adiabático (no pierde energía y tampoco gana, se mantiene constante). Esto es provocado por el gas estelar que contiene, el cual impide el aumento de presión y mantiene su densidad menor al valor crítico, creando una curvatura negativa, es decir, no se cierra el espacio y se mantiene abierto (infinito).

Sesión regular

GEODESIA

Organizadores:
Enrique Cabral
Bertha Márquez

GEOD-1

INFLUENCIA DEL FACTOR DE ESCALA DE LA PROYECCIÓN UTM EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Alcantar Elizondo Norberto, García López Ramon Victorino,
Moraila Valenzuela Carlos Ramon y Arana Medina Anibal Israel
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
noralel@uas.edu.mx

Para la utilización de los sistemas globales de navegación satelital GNSS en combinación con los taquímetros electrónicos y los métodos topográficos tradicionales, es necesario entender el fundamento teórico de las coordenadas UTM y TME-INEGI. Esto con el fin evitar que un mal manejo de estas provoque errores considerables en el levantamiento topográfico. Los levantamientos topográficos tradicionales se realizan mediante la medición de ángulos y distancias y algunas consideraciones geométricas (cierre de la poligonal), considerando a la tierra como plana, sin embargo el problema surge cuando se quiere utilizar proyecciones cartográficas como las coordenadas UTM, sin hacer las consideraciones pertinentes, esto derivado de que de los sistemas globales de navegación satelital GNSS utilizan coordenadas UTM. Las proyecciones cartográficas se utilizan para representar áreas más grandes de terreno y por lo tanto tienen que considerar la curvatura de la tierra, sin embargo al ser imposible el paso de una superficie curva a un plano sin deformarla, es necesario considerar matemáticamente esta deformación (factor de escala-UTM). Las coordenadas TME-INEGI es otro tipo de proyección en la que el meridiano axial (origen) se adapta a cada levantamiento, ya que este se mueve al centro de la poligonal (redondeado al minuto de arco) con lo que el factor de escala se vuelve muy cercano a cero en esa zona. Sin embargo aquí hay que hacer una transformación UTM-TME y otro inconveniente es que cada polígono tendrá un origen de coordenadas diferentes (meridiano axial o central). En el caso de la UTM el factor de escala puede variar desde 0.9996 en el centro de la zona hasta 1.0004 (por cada metro) en los límites de zona. Esto que parece ser poco, si lo multiplicamos por 2000 m provocaría una diferencia de 80 cm. en esta distancia. En el presente trabajo se realiza una prueba con una poligonal sin factor de escala, considerando una factor de escala promedio, utilizando la coordenadas TME-INEGI (Terrestre Modificada Ejidal) combinando mediciones GNSS y con Taquímetro Electrónico.

GEOD-2

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA BASE GEODÉSICA GNSS

Carrillo Chavez Martin, García López Ramon Victorino,
Trejo Soto Manuel E. y Aguilar Villegas Juan Martin
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
martincarrillo_7@hotmail.com

Actualmente el establecimiento de redes geodésicas se realiza principalmente mediante mediciones con los Sistemas Globales de Navegación Satelital (GNSS). La georeferenciación de los levantamientos topográficos y cartográficos comúnmente se realiza mediante la medición de una base geodésica GNSS, ligándose a puntos de una red geodésica. El o los puntos de referencia utilizados para realizar la liga o georeferenciación, frecuentemente se encuentran muy alejados del área de levantamiento o de la base GNSS. Por ejemplo, tenemos que en México INEGI mantiene la red geodésica nacional activa, cuya distancia promedio entre puntos es de 500 km. Esto produce que la georeferenciación se realice con una sesión de medición con vértices que forman una red de geometría extremadamente irregular. Es conocido que en las redes de geometría irregular, los efectos de los errores de las cantidades medidas en las coordenadas de los puntos por determinar se expanden considerablemente. Además, resulta más difícil detectar la presencia de errores no aleatorios (outliers) de magnitud regular o pequeños. Por lo que se requiere mayor cuidado en la metodología de medición, que comprende Intervalo de medición y duración de la sesión entre otros. Asimismo se debe aplicar un análisis de confiabilidad. En el presente trabajo se realizó un estudio sobre la confiabilidad interna y externa de una base geodésica regular de 500 m de longitud, considerando diferentes distancias al punto de referencia. Los vectores medidos fueron procesados por el programa Topcon Tools y se exportaron las componentes vectoriales sin aplicar el ajuste por mínimos cuadrados, el cual fue realizado por los algoritmos desarrollados en este trabajo. Al aplicar los test estadísticos de confiabilidad interna, se encontró una relación entre los residuos "grandes" de las mediciones y la detección de posibles outliers por el método de Baarda. También se encontró una relación entre los Errores Mínimos Detectables (EMD) de la red geodésica y la longitud de los vectores. Los efectos máximos en las coordenadas causados por los EMD tuvieron los valores más pequeños donde los EMD fueron mayores. En todas las bases medidas los residuos de las mediciones fueron similares para cada una, a excepción de las bases con alejamiento de 300 y 345 km. Las precisiones estimadas que se obtuvieron de las bases fueron consistentes con las especificaciones técnicas del fabricante del equipo utilizado. Los efectos en las coordenadas causados por los errores mínimos detectables en las bases se mantuvieron uniformes para el efecto mínimo, mientras que los efectos máximos presentaron un pequeño incremento de acuerdo a la distancia de las bases al punto de referencia.

GEOD-3

ANALYSIS OF DYNAMIC AND SEMI-STATIC DISPLACEMENTS OF THE JUAREZ BRIDGE USING GPS

Guzmán Acevedo Germán Michel, Vázquez Becerra Guadalupe Esteban, Gaxiola Camacho José Ramón, Trejo Soto Manuel E. y Millán Almaraz Jesús Roberto
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
michelguzman@uas.edu.mx

One of the principal functions of civil infrastructure subjected to different loading conditions is to properly transmit them from the applied point to its foundations. During this process, civil infrastructure presents deformations related to displacements or vibrations. For bridges, two deformation should be considered: short and long period components. It is crucial that the measurement instrument used can collect information of both, preferably at the same time. Therefore, it is possible to use the Global Positioning System (GPS) for this purpose. GPS has been used in System Health Monitoring (SHM) because it presents several advantages with respect to others instruments as accelerometers. These advantages are: GPS devices measure displacements directly with high precision, they record automatically data, do not need to sight others receivers, and GPS devices determine dynamic, semi-static, static displacements and characteristic frequencies. The case of study is the Juarez Bridge located in Culiacan, Mexico. It is a reinforced concrete structure with an approximate length of 200 meters. GPS data was collected using 8 GPS receivers during a complete week. Every day, 3 session of 1 hour were studied. The GPS data was processed to obtain semi-static (long period component) and dynamic displacements (short period component) using moving average and Chebyshev filters, respectively. The probability of failure (pf) of the bridge was determined by comparing both semi-static displacements (just considering the vertical component) and the AASHTO's (American Association of State Highway and Transportation official) deflection limits. Consequently, the behavior of the bridge was described in terms of maximum dynamic displacements and probability of failure. At the end, the results demonstrated that an average of pf equal to 40% is presented in the Juarez Bridge.

GEOD-4

RED GEODÉSICA DE OPERACIÓN CONTINUA PARA EL ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE MÉXICO, SUBVAMEXNET

Vázquez G. Esteban¹, Méndez Sánchez Edgar², Auvinet Guichard Gabriel², Trejo Soto Manuel E.³, Galetzka John⁴, Reséndiz Núñez Daniel⁵, Sánchez Zamora Osvaldo⁶, Escamilla López Francisco J.⁵, Sánchez González Jesús⁵ y Campos Enríquez Oscar⁴

¹Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³UNAVCO

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

⁵ESIA Unidad Ticomán, IPN

⁶Facultad de Ingeniería, UNAM

estebanv_99@yahoo.com

Es bien conocido que el fenómeno de subsidencia afecta a muchas ciudades en el mundo tales como Nagoya, Japón; Venecia, Italia; Long Beach, California; Houston, Texas y el Valle de México, entre otras. El desarrollo demográfico de los principales centros urbanos del Valle de México ha creado una demanda acelerada de servicios, entre los que destaca el abastecimiento de agua potable. Una de las formas más económicas de atender el abastecimiento ha sido la explotación del acuífero mediante el bombeo de agua con pozos profundos, lo que ocasiona que en las zonas lacustres del Valle de México se presente el fenómeno de subsidencia y agrietamiento del terreno. Debido al alto costo de otras alternativas, se prevé que el abastecimiento de agua en este Valle continuará por muchos años dependiendo en forma sustancial de los recursos subterráneos. Hasta este momento, el hundimiento y sus causas han sido evaluados mediante nivelaciones topográficas tradicionales y con mediciones de las presiones del agua en el subsuelo a diferentes profundidades realizadas en forma aperiódica. Este sistema de monitoreo ha sido evaluado recientemente y se ha concluido que requiere una modernización radical que permita aprovechar las tecnologías de medición directas e indirectas más recientes. Por ello y con el propósito de establecer una mejor evaluación de este fenómeno, es una primera prioridad contar con un marco terrestre de referencia geoespacial preciso que se obtendrá a partir de las mediciones proporcionadas por la red geodésica de operación continua para el Estudio de la Subsidencia en el Valle de México, SUBVAMEXNet, la cual plantea la modernización del Sistema de Monitoreo encaminado a evaluar la Subsidencia a corto, mediano y largo plazo.

GEOD-5

MONITORING OF TECTONIC DEFORMATION IN A GULF OF CALIFORNIA (MEXICO) USING GPS MEASUREMENTS

Moraila Valenzuela Carlos Ramon¹, Ferhat Gilbert² y Pérez de los Cobos M. Clara de Lacy³

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Institute of Earth Physics, CNRS UMR 7516, University of Strasbourg / EOST

³Universidad de Jaén España
cmoraila@uas.edu.mx

The tectonic of Gulf of California, Mexico, setting provides a unique opportunity to study deformation associated with the transition of a continental strike-slip fault (the San Andreas Fault) to seafloor spreading (East Pacific Rise) along a rapidly moving fault system. Precise GPS positioning is used to monitor plate tectonics motions and help to interpret the crustal deformation field in the Gulf of California. Using GPS data observed between 2010 and 2015. Our data and its neighboring regions are obtained of continuous GPS stations from different Institutions namely SOPAC, CORS and the Mexican National Geodetic Network (Red Geodésica Activa de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, RGNA-INEGI). The reference frame was adopted for continuous of IGS, AUSPOS software was used to establish a proposal of stations that conform the frame of reference. Evaluate the performance of processing techniques on observations using the GAMIT/GLOBK, in our GAMIT implementation, we performed bias-fixing and last-squares adjustments to the station networks using double-difference phase observables recorded at each station. Satellite ephemeris and radiation pressure parameters, provided by the IGS final orbit files. A methodology was formulated for the analysis of the data. We use for a preliminary analysis of position time series with the daily solutions TSVIEW and VELVIEW software, the deformation field will be related to the seismic events in the studied area.

GEOD-6

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL EN BUSCA DE PRECURSORES SÍSMICOS EN LA IONOSFERA EN MÉXICO

Melgarejo Morales Angela¹, Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹, Yee Rendón Arturo¹, Pérez Enriquez Roman¹ y Millán Almaraz Jesús Roberto²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
angelamelgarejo@uas.edu.mx

Al ser la ionosfera terrestre un plasma el Contenido Total de Electrones (TEC, por sus siglas en inglés) es el parámetro a calcular y analizar; cuando en la ionosfera existen zonas de mayor o menor concentración de electrones la señal satelital, que atraviesa a la ionosfera, presenta una variación en el tiempo de recorrido hasta el receptor, este efecto permite el cálculo del TEC. En el presente trabajo se calcula el TEC de los cinco días anteriores de un evento sísmico, del día del evento y de los tres días posteriores a este. Los eventos sísmicos seleccionados pertenecen a diferentes años del período 2008 - 2014 y se registraron en distintas zonas del estado de Oaxaca, México. En cuanto a los datos espaciales, estos se obtuvieron de diversas estaciones GPS pertenecientes a las siguientes redes geodésicas: TLALOCNet (UNAM, UNAVCO), RGNA (INEGI) y CORS (NGS), en forma de archivos de navegación y de observación. Una vez calculado el TEC, se gráfico su comportamiento diario por horas y para el día donde ocurrió el sismo se aplicó la técnica estadística de regresión lineal. Los resultados preliminares indican que ciertas anomalías ionosféricas pueden ser observadas días antes de la ocurrencia de un evento sísmico de magnitud mayor o igual a 5.1.

GEOD-7

HERRAMIENTA PARA PROCESAR DATOS GPS MET Y ESTIMACIÓN DEL VAPOR DE AGUA EN LA ATMÓSFERA

Pineda León Roberto, Osorio-Tai María Elena y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
beto-barsa23@hotmail.com

Los GNSS tienen sus orígenes en la llamada era de la geodesia espacial, la cual fue iniciada por la URSS en 1957. A pesar de que existe una infinidad de aplicaciones del GNSS, estas se pueden dividir en dos grupos: de uso militar y de uso civil, siendo el segundo grupo de donde se han desarrollado aplicaciones en el campo de la meteorología. En la meteorología el GPS resulta de gran utilidad en las mediciones de vapor de agua precipitable, debido a la sensibilidad de las señales GNSS frente al vapor de agua contenido en la atmósfera. El retraso en la señal GNSS debido a la región troposférica, es causado por las características del medio, teniendo mayor influencia el índice de refracción y por ende la refractividad atmosférica, debido a que se encuentran en función de la presión, temperatura y humedad, parámetros que se obtienen de los archivos RINEX. En el presente estudio se consideran los principales modelos para calcular: el retardo troposférico húmedo, hidrostático, total y algunas funciones de mapeo empleadas para obtener el retardo troposférico total en la dirección de la señal, es decir considerando la variación del ángulo cenital debido al desplazamiento satelital y al movimiento de rotación terrestre. Igualmente, se tiene como finalidad, brindar una herramienta de código libre que permita calcular

y procesar la cantidad de vapor de agua precipitable presente en la atmósfera empleando GPS, comparándolo con datos de radiosondeos, imágenes satelitales, y pronóstico de vapor de agua.

GEOD-8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD PRODUCIDO POR LA MISIÓN GOCE EMPLEANDO COLOCACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS

García López Ramon Victorino, Monjardin Quevedo Jesus Guadalupe,
Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Arana Medina Anibal Israel
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
rvgarcia@uas.edu.mx

La gradiometría satelital es la técnica satelital geodésica que mapea el campo de gravedad terrestre con mejor resolución y precisión. Esto ha sido demostrado recientemente por la misión satelital geodésica GOCE, que fue realizada y ejecutada en el periodo de noviembre de 2009 a octubre de 2013, produciendo más de 10 millones de mediciones por mes. Uno de los principales productos de la misión fueron los modelos geopotenciales los cuales lograron una expansión de hasta 260 en grado y orden de armónicos esféricos. El modelo más reciente fue el EIGEN-6C4 el cual al incorporar datos terrestres y de otras misiones logró una expansión de 2160. La precisión lograda fue del orden de 1cm en una resolución de 100 km. Una alternativa a la determinación del geoide por medio de modelos geopotenciales, es mediante el empleo directo del gradiente vertical de la gravedad producido por la misión. Dichos gradientes que representan la segunda derivada vertical del potencial (Tzz) están relacionados a la altura geoidal (N) mediante la integral geodésica del gradiente vertical. De manera que la integral es invertida para obtener los valores de N a partir de los valores de Tzz a la altura satelital. Esta metodología permite dar solución al geoide con un enfoque local o regional, permitiendo también incorporar otro tipo de mediciones geodésicas para lograr mejores soluciones. En el presente trabajo se estudia la aplicación de la integral del gradiente vertical a las mediciones producidas por la misión GOCE para terminar alturas geoidales sobre la superficie terrestre. Como era de esperarse, el proceso de inversión asociado resultó altamente inestable. La estabilidad en la inversión del sistema se logró aplicando regularización por el método de Tikhonov. Los datos fueron interpolados a mallas regulares a una altura promedio utilizando el método de colocación por mínimos cuadrados. La inversión se realizó empleando el método de 1D-FFT, el cual se basa en la transformada rápida de Fourier en una dimensión combinando con integración numérica a lo largo de los meridianos. Las pruebas se llevaron a cabo tanto con datos simulados como con datos reales de la misión. Las soluciones obtenidas por estas dos maneras fueron consistentes entre sí. Al realizar el análisis estadístico de las alturas geoidales obtenidas se observaron precisiones de 0.5 a 1 cm para una resolución de 50 km.

GEOD-9 CARTEL

DESPLAZAMIENTO PERMANENTE Y DINÁMICO GENERADO POR EL TEMBLOR EL MAYOR-CUCAPAH MW 7.2, UTILIZANDO GPS

Robles Juan Carlos, González García José Javier, González-Ortega Alejandro, Vidal Villegas José Antonio y Sánchez García Jaime
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
juancrobles1290@hotmail.com

El sismo de El Mayor-Cucapah Mw 7.2 del 4 de abril de 2010, ha proporcionado una importante oportunidad de estudio referente a la geodinámica de la región del noroeste de México, aplicando diversas técnicas de análisis enfocadas a comprender, describir y caracterizar la ruptura del sismo, desplazamientos superficiales y estudios de fuente sísmica. Dentro de estas técnicas, la geodesia espacial ha jugado un rol importante, y para el caso particular de este trabajo, se han utilizado datos de GPS de alta frecuencia (5 Hz) que registraron el paso de la onda sísmica. Los cuales se han procesado con la técnica de Posicionamiento Puntual Preciso y el software de GIPSY-OASIS II. Las máximas oscilaciones se encuentran en un rango de 90-100 cm, que corresponden a los sitios GPS más cercanos al epicentro. Con las series de posición obtenidas y aplicando la metodología de análisis espectral, se ha calculado el momento sísmico y magnitud momento, con valores promedio de 6.5×10^{26} dinas-cm y 7.1 ± 0.1 Mw, consistentes con los resultados publicados por otros autores. Finalmente, los resultados de posición obtenidos con GPS, fueron comparados con la doble integración de registros de aceleración de equipos de strong-motion en el dominio del espacio de frecuencias. Los valores estimados de momento sísmico y magnitud momento son, 4.8×10^{26} dinas-cm y 7.06 ± 0.05 Mw, lo que comprueba la efectividad de las observaciones GPS como complementarias a las sismológicas en el estudio y análisis sísmico.

GEOD-10 CARTEL

APLICACIÓN DE LOS INCLINÓMETROS PARA MEDIR DEFORMACIONES LOCALES CAUSADAS POR SUBSIDENCIA, EVENTOS DE CREEP O DISPARADAS POR LOS SISMOS

Glowacka Ewa¹, Navarro Leon Rodrigo², Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Sarychikhina Olga⁴, Farfán Francisco¹, García Arthur Miguel Angel¹ y Gálvez Oscar¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Universidad de Guadalajara

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴CICESE

glowacka@cicese.mx

Inclinómetros (tiltmeters) se utilizan ampliamente para medir los cambios de inclinación de terreno relacionados con los sismos, actividad volcánica, subsidencia, deslizamientos, movimientos de las estructuras civiles etc. Para estudiar la distribución espacial y temporal de las deformaciones de la corteza en el valle de Mexicali, CICESE, desde los años 90's, instaló una red de medidores de deformación (REDECVM) que incluye grietómetros verticales, inclinómetros de superficie, inclinómetros de pozo, así como los testigos. Todos los instrumentos mencionados son de medición continua y están instalados en la cercanía de las fallas activas en el centro de dispersión Cerro Prieto. Los instrumentos están registrando deformación relacionada con subsidencia de terreno, creep estable, eventos esporádicos y disparados de creep, y deslizamientos cosísmicos. El análisis de los registros de los inclinómetros de superficie reveló que para algunos de los instrumentos existe un desacuerdo entre los cambios de la inclinación de terreno registrados y los que se esperarían ser producidos por la subsidencia y/o creep en la falla. Para explicar este fenómeno se realizó la modelación en 2D de deformación vertical, en el perfil perpendicular a la falla, en función de parámetros de la falla usando ecuaciones de Cohen (1996; 1997) para fallas normales. Los resultados de la modelación muestran que la respuesta de un inclinómetro de superficie instalado cerca de una falla depende de la magnitud de deslizamiento, el ángulo de buzamiento y la profundidad de la falla, así como de la distancia entre la falla y el sitio de instalación del instrumento, causando, en algunos casos, discrepancia aparente entre valor observado y valor esperado del registro.

GEOD-11 CARTEL

APLICACIÓN DE LA INTERFEROMETRÍA SAR SATELITAL DE BANDA L PARA EL MONITOREO DE DEFORMACIONES DE TERRENO EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Sarychikhina Olga
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
osarytch@cicese.mx

La tecnología de interferometría SAR (InSAR) satelital, compuesta por una serie de técnicas que utilizan imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR), se ha convertido en una valiosa herramienta a la hora de la identificación y el monitoreo de las deformaciones de la superficie terrestre asociadas a diversos fenómenos geológicos (p.ej. subsidencia, terremoto, erupción volcánica). El Valle de Mexicali, localizado en la región noroeste de México, en estado de Baja California, es una zona afectada por las deformaciones de terreno asociadas a diversos procesos naturales y antropogénicos, que causan cuantiosas pérdidas económicas por dañar las estructuras e infraestructuras privadas y públicas. Las deformaciones del terreno en el Valle de Mexicali han sido ampliamente estudiadas y documentadas (p.ej. Glowacka et al., 1999, 2005, 2011; Sarychikhina et al., 2011; 2015a). Varios estudios han documentado las deformaciones del terreno en la zona de estudio usando la técnica de InSAR y las imágenes SAR de banda C, de diferentes satélites: ERS1/2 (Carnec y Fabriol, 1999; Hanssen, 2001; Sarychikhina et al., 2015b, 2016), ENVISAT/ASAR (Sarychikhina et al., 2011, 2015 a,b, 2016), RADARSAT-2 (Sarychikhina et al., 2016; Samsonov et al., 2017), Sentinel-1 (Xu et al., 2017). La importante conclusión de dichos trabajos fue que usando las imágenes de banda C, para el estudio de las deformaciones del terreno en el Valle de Mexicali, el uso de las técnicas de InSAR avanzadas (A-InSAR) es requerido (p.ej. el método de apilamiento de interferogramas diferenciales (stacking), SBAS, PS-InSAR). El uso de la técnica de InSAR convencional (InSAR Diferencial (DInSAR)) es limitado debido a importantes pérdidas de coherencia causadas por la intensa vegetación en el valle debido a las actividades agrícolas que se desarrollan en este. En este trabajo presentamos los resultados de la investigación en la que se evaluó el rendimiento de la banda L de ALOS/PALSAR para la identificación y monitoreo de deformaciones del terreno en el Valle de Mexicali aplicando la técnica de DInSAR. El interés por los datos de ALOS/PALSAR reside en que este opera en banda L (~ 23.6 cm), lo que le confiere un mayor poder de penetración a través de la vegetación en comparación con la banda C, lo que permite mejorar el desempeño de la técnica de DInSAR en las zonas de vegetación. Los resultados de DInSAR basado en el procesamiento de datos de ALOS/PALSAR para el período 2004-2009, se compararon con los resultados de trabajos previos en los que se procesaron los datos de ENVISAT/ASAR de banda C del mismo período.

GEOD-12 CARTEL

SERIES TEMPORALES CON INTERFEROMETRÍA DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (INSAR) Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN: SUBSIDENCIA DEL TERRENO EN CIUDADES DEL BAJÍO MEXICANO

Covarrubias Calderón Carlos Armando, Suárez Gerardo y Sánchez Zamora Osvaldo
Instituto de Geofísica, UNAM
ccovarrubias91@live.com.mx

El análisis con series temporales mediante Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) es una herramienta que permite medir, dentro de sus alcances, la tasa de desplazamiento que sufre una región sujeta a deformación, esencialmente en dirección vertical, inducida por diversos factores, tanto naturales como por la actividad humana. La virtud de ésta técnica es poder monitorear la zona de interés por periodos de tiempo que van de algunos meses, a años. Para que un desplazamiento pueda ser medido entre dos observaciones, es necesario que sea del orden de la mitad de la longitud de onda (#/2) que se está utilizando (las bandas X, C y L, de popular uso, tienen longitudes de onda de 2.5-3.75cm, 3.75-7.5 cm y 15-30 cm, respectivamente). Un sólo interferograma, cuya fase ha sido desmenuada, nos permite ver el desplazamiento que ha ocurrido entre dos fechas; cuando se conecta un conjunto de éstos, dentro de una misma escena, con una separación temporal uniforme (preferentemente), se puede modelar la velocidad del desplazamiento a partir de las fases calculadas de cada pixel, de cada interferograma, como un problema del tipo $Gm=d$. Éste problema debe ser resuelto para cada pixel que compone la escena, tomando consideración de la ambigüedad que puede existir con píxeles vecinos (el cambio de fase no debe exceder medio ciclo). Éste modelo expuesto brevemente es conocido como SBAS (Small Baseline Subset), ampliamente utilizado en estudios de ésta índole. La subsidencia diferencial es un fenómeno de hundimiento del terreno, a cuyo incremento puede contribuir la extracción de fluidos subterráneos (petróleo, gas, agua). En éste trabajo se presentan algunos ejemplos de aplicación en ciudades de México (Celaya e Irapuato, GTO., y Morelia, MICH.) con notorios desplazamientos que se han presentado en las últimas décadas, donde la extracción de agua en forma desmedida podría ser uno de los factores detonantes.

GEOD-13 CARTEL

RED GEODÉSICA DEL NOROESTE DE MÉXICO

González-Ortega Alejandro, Ramón Morales Elvia, Vidal Villegas José Antonio, Arregui Sergio y Valdez Terriquez Armando
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
aglez@cicese.mx

La Red Geodésica del Noroeste de México (<http://regnom.cicese.mx>) está conformada actualmente por 10 estaciones de monitoreo geodésico continuo por medio del sistema de posicionamiento GPS/GNSS. Tiene como objetivos: 1) Monitorear la deformación y sismotectónica de la región. 2) Estimar un marco de referencia tectónico regional. 3) Complementar las mediciones sísmicas (velocidad y aceleración), así como estudiar la sismogeodésia de la región noroeste de México. Sus inicios datan desde noviembre de 2015 con la instalación de 2 estaciones ubicadas en Heriberto Jara, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora. El resto de las estaciones se encuentran en el norte de Baja California: Ensenada, Laguna Salada, San Felipe, San Vicente, Santo Tomas, Ojos Negros, Ejido Nuevo León y Valle de las Palmas. En este segundo semestre de 2017, se tienen planeadas la instalación de 5 estaciones GNSS, establecer la telemetría de 7 estaciones GPS en el valle de Mexicali, y el procesamiento continuo de datos GPS para la estimación de las series de posición de cada una de las estaciones.

GEOD-14 CARTEL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS EN EL PROCESADO DE OBSERVACIONES SATELITALES DE POSICIONAMIENTO CONTINUO (CGPS)

Ramírez Ramírez Kimberly, Romero Andrade Rosendo y Moraila Valenzuela Carlos Ramon
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
kim280312@gmail.com

El objetivo de este trabajo es evaluar diferentes metodologías de procesamiento de observaciones emitidas por los satélites de navegación (GPS). Como resultado de esto se obtiene posiciones de la antena del receptor geodésico (Latitud, Longitud, Altura). Una estrategia empleada para obtener las posiciones es utilizar técnicas de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP), método que utiliza un solo receptor en la obtención de posiciones empleando mediciones de fase portadora no diferenciadas. En la aplicación de método Doble Diferencia (DD) se eliminan gran parte de los errores empleando una o más estaciones de referencia con posiciones conocidas. Se obtuvieron series de tiempo de estaciones de monitoreo continua GPS (CGPS), procesado con software académico para las opciones DD y PPP, analizando la evaluación de los resultados.

GEOD-15 CARTEL

USO DE RECEPTORES DE ALTA SENSIBILIDAD Y RASPBERRY PI PARA POSICIONAMIENTO GPS DIFERENCIAL

Zamora Maciel Alejandra¹, Moraila Valenzuela Carlos Ramon¹, Pivot Frédérique² y Duarte Galvan Carlos¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Athabasca University Canada

alejandra.zamora.facite@uas.edu.mx

El Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) es la tecnología de posicionamiento más popular ampliamente utilizada para diversas aplicaciones. Sin embargo, estos receptores satelitales tienen dificultad para seguir señales en entornos difíciles con obstáculos o en interiores. El llamado receptor de "alta sensibilidad" (HSGPS) se han desarrollado para abordar este problema. Este trabajo evalúa dos tipos de estos receptores. Estos equipos se utilizaron bajo diversas condiciones y configuraciones diseñadas para medir su operatividad. Se realizaron pruebas de métodos de medición estática, estableciendo líneas base de mediana y corta distancia, para demostrar el posicionamiento puntual de estos receptores HSGPS que utilizan una sola frecuencia (L1). Las mediciones se repitieron empleando receptores GNSS de tipo dual geodésicos para generar las líneas base de referencia y las coordenadas en los vértices medidos. Para el procesamiento de las observaciones de código y fase portadora se utilizaron software open - source como comercial. Los resultados de las pruebas de estos receptores proporcionaron un nivel de precisión que oscila en los decímetros, lo cual indica múltiples capacidades de emplearlos en trabajos de Mapeo en Sistemas de información Geográfica, sistemas de rastreo vehicular, así mismo para trabajos de reconocimiento topográfico.

GEOD-16 CARTEL

ESTUDIO DE PRECISIÓN DE MODELOS GEOIDALES EN MÉXICO EMPLEANDO LA RED GEODÉSICA NACIONAL VERTICAL

Vázquez Ontiveros Jesus Rene, García López Ramon Victorino, Ojeda Corona Victor Alfredo y Moraila Valenzuela Carlos Ramon
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
renevazquezontiveros@hotmail.com

Se emplearon más de 12 mil vértices de la red geodésica vertical pasiva de México mantenida por INEGI. Dichos vértices contienen también posicionamiento geodésico preciso establecido con mediciones GNSS por lo que pueden ser empleados como bancos de nivel y como vértices geodésicos GNSS (BN-GNSS). Es decir, con ello se tiene acceso a las correspondientes alturas geoidales (N) precisas. Dicha alturas fueron empleadas para evaluar en el territorio nacional la precisión de los modelos geoidales GGM2010, EGM2008 y EIGEN-CG6. Siendo el primero el geoide gravimétrico nacional más reciente y los dos últimos son modelos geopotenciales globales de alta resolución (11 km). La red de los BN-GNSS empleados aún tiene una cobertura muy irregular, existiendo grandes porciones del país sin presencia de vértices. Por otro lado se presentan varias zonas urbanas con densidad de puntos con separaciones de hasta 100 metros. Se realizó un estudio comparativo de precisión y consistencia de los modelos geoidales mencionados. Al realizar el análisis estadístico por regiones, se observó que los modelos son consistentes entre sí y con los valores de N de los BN-GNSS, mostrando altas correlaciones y con desviaciones estándar del nivel centimétrico en las diferencias. Sin embargo, al aplicar la estadística a nivel nacional, las diferencias de los valores de N de los modelos con respecto a los producidos por los BN-GNSS aumentan considerablemente siendo del nivel de varios decímetros. Al realizar el análisis estadístico, se detectaron poco más de mil puntos para los cuales el valor de N de los BN-GNSS era considerablemente grande, por lo cual no fueron considerados en los estudios comparativos.

GEOD-17 CARTEL

MAPA DE RENDIMIENTO SISTEMATIZADO PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN, CASO PARTICULAR: CULTIVOS DE MAÍZ

Martínez Felix Carlos Alberto, Vázquez Becerra Guadalupe Esteban, Aguilar Villegas Juan Martin y Millán Almaraz Jesús Roberto
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
carlosmartinez@uas.edu.mx

Cada vez más se hace necesario el uso racional de los recursos agrícolas, como también su aprovechamiento exacto, debido a que la demanda por alimentos y productos agrícolas aumenta los recursos para obtener dichos bienes disminuye, por lo tanto se ha hecho necesario el uso de las tecnologías de la información para resolver o ayudar a mejorar este problema que se presenta en la actualidad. En el presente trabajo se propone el diseño y desarrollo de un prototipo electrónico capaz de sensor la humedad y temperatura del área de estudio, así como de obtener coordenadas en latitud y longitud mediante un modulo GPS integrado, dicho dispositivo envía la información a un teléfono móvil con Android donde

se almacena para su posterior procesamiento. Además, se obtuvieron cada mes imágenes satelitales de la plataforma LandSat 8 del área de estudio para monitorear la salud vegetal mediante índices de vegetación tales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Vegetación de Rango Amplio Dinámico (WDRVI) y el Índice de Vegetación de Clorofila (CVI). El resultado de integrar la información del prototipo en conjunto con el procesamiento multiespectral de las imágenes satelitales fue la obtención de un Sistema de Información Geográfica (SIG) capaz de ofrecer al agricultor información de interés para la aplicación de fertilizantes nitrogenados así como de estimar el rendimiento que obtendrá al final de la cosecha.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizadores:

José Alfredo Ramos Leal

Alberto Arias

GEOH-1

ADMINISTRACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE MODELO DE FLUJO

Pinales Munguía Adán, Hernández Guajardo Javier,
Tonche Ramos Javier Agustín y Villalba María de Lourdes
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
apinales@uach.mx

El agua es un elemento crucial en la vida y desarrollo de una sociedad, principalmente el agua subterránea en las zonas áridas y semi-áridas de la república mexicana. Es por ello que en el programa Nacional hídrico 2014-2018 se señala que el agua es un recurso finito e indispensable para la salud pública, el medio ambiente la industria y principalmente para el desarrollo económico. Por tanto se le considera de seguridad nacional. En cuanto al agua subterránea, la república mexicana se divide de manera administrativa en 653, uno de ellos corresponde al acuífero. El acuífero Aldama San Diego, localizado en la porción centro-oriental del estado de Chihuahua, comprende una superficie de 1,620 km², entre las coordenadas geográficas 28° 26' 16.3" a 28° 56' 15.6" de latitud norte y 105° 28' 25.5" a 106° 0' 19.5" a de longitud oeste. Por lo que, el objetivo fue utilizar un modelo de flujo para administrar adecuadamente el agua del acuífero Aldama San Diego. El acuífero en su parte superior está constituido por arcillas, limos, arenas y gravas, en forma de abanicos aluviales. Los depósitos coluviales (o de pie de monte) están constituidos por cantos, gravas y arenas, los depósitos aluviales por una serie de arenas y limos finos, y los depósitos fluviales por gravas y limos. Por debajo se presentan rocas ígneas, basaltos, riolitas, tobas andesíticas. Dichas rocas pueden llegar a tener buena porosidad secundaria en su cima y en caso de estar sanos pueden ser prácticamente impermeables en su base. Debajo de éstos, se encuentran sedimentos continentales terrígenos con conglomerados y capas de areniscas y conglomerados. Posteriormente se localizan rocas sedimentarias carbonatadas y clásticas mesozoicas, las cuales pueden llegar a presentar fracturamiento y disolución en superficie pero estar sanas y ser impermeables a profundidad. Finalmente la base de la columna litoestratigráfica son rocas metamórficas (meta-lutitas y meta-areniscas) con baja porosidad. Para la construcción del modelo de flujo se utilizó el software Visual Modflow, en el cual se incluyeron las cargas iniciales, las propiedades hidráulicas como la conductividad hidráulica y almacenamientos, la recarga difusa, evapotranspiración pozos de bombeo y de observación y finalmente se calibró. Los resultados muestran una reproducción adecuada de las cargas y flujos observados o estimados. Finalmente se propusieron dos esquemas que involucran la variación de la demanda de agua subterránea.

GEOH-2

MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ACUÍFERO-LAGO EN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT

Ramírez Vázquez Maricruz¹ y Morales Casique Eric²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
marri.rvazquez@gmail.com

El lago de Santa María del Oro (LSMO), Nayarit, ubicado en la parte nor-occidental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), 21°22' N y los 104°34'W pertenece al acuífero denominado por CONAGUA "Valle de Santa María del Oro". La interacción lago-acuífero es un elemento importante tanto para el entendimiento del sistema hidrogeológico como para el manejo del acuífero. Se analizó la piezometría disponible y se complementó con la elevación de manantiales para obtener una configuración de la elevación del nivel freático y definir direcciones de flujo de agua subterránea. Adicionalmente, se utilizó un filtro digital recursivo para separar flujo base de hidrogramas disponibles obtenidos en una estación hidrométrica a la salida de la cuenca. La recarga media anual fue estimada con base en el volumen de descarga anual por flujo base más el volumen de descarga de manantiales, divididos por el área de la cuenca de la estación hidrométrica. También se seleccionó una sección paralela a la dirección de flujo de agua subterránea y se definió su estratigrafía con base en información geológica publicada. Esta sección atraviesa el LSMO. Con estos elementos se construyó un modelo bidimensional transversal de flujo de agua subterránea en estado estacionario utilizando Modflow-2005 (Harbaugh, 2005). Se decidió modelar el sistema en estado estacionario debido a la carencia de registros de los niveles del LSMO que permitieran calibrar un balance hidrogeológico estacional para años específicos. La frontera superior fue definida por la elevación del nivel freático (tipo Dirichlet) y las fronteras laterales e inferior se definieron como de no flujo (tipo Neumann). La conductividad hidráulica de las unidades hidrogeológicas fue estimada mediante inversión, calculando el flujo desde el nivel freático hacia el interior del área modelada y ajustando la conductividad hidráulica para que este flujo fuera consistente con el valor de recarga estimado mediante flujo base y descarga de manantiales. Este procedimiento inverso se implementó de manera automatizada utilizando el código PEST (Doherty, 2016). Los resultados del modelo muestran el aporte del agua subterránea al balance hidrogeológico promedio anual del LSMO, ligado a la tasa de recarga anual que recibe el acuífero. Con el presente trabajo se pretende contribuir al análisis de las condiciones hidrogeológicas presentes y pasadas del LSMO, donde el nivel del agua en el lago hace miles de años habría sido sustancialmente menor al actual.

GEOH-3

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA Y EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA A FUTURO EN UNA CUENCA SEMIÁRIDA DEL NOROESTE DE MÉXICO MEDIANTE EL EMPLEO DE UN MODELO NUMÉRICO (ACUÍFERO DEL VALLE DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO)

Campos Gaytan Jose Ruben y Herrera Oliva Claudia Soledad
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California
rcampos@uabc.edu.mx

Durante las últimas décadas, en el Estado de Baja California, se han incrementado las actividades agrícolas, urbanas e industriales, lo que implica una creciente demanda de agua. Sin embargo, el Estado se caracteriza por su clima semiárido, con baja disponibilidad de agua superficial; consecuentemente, se ha generado una considerable utilización de agua subterránea. La comunidad del Valle de Guadalupe y la ciudad de Ensenada dependen completamente del agua subterránea. El acuífero del Valle de Guadalupe, abastece aproximadamente el 30% del agua suministrada a la ciudad de Ensenada y constituye el principal recurso de agua para la industria de vino local. Esta dependencia ha resultado en una descarga mayor que la recarga. Con la finalidad de lograr un mayor entendimiento sobre el funcionamiento del sistema, se desarrolló un modelo tridimensional del flujo de agua subterránea para estimar la recarga y evaluar distintos escenarios de manejo a futuro en el acuífero del Valle de Guadalupe, Baja California, México. Para ello, se utilizó el software PEST durante la calibración del modelo, estados estacionario y transitorio, con información del nivel freático medido en campo. El modelo calibrado se utilizó para evaluar escenarios de manejo del agua subterránea durante el período 2017-2035. Si el escenario base (statu quo) continúa, los niveles freáticos seguirán con una tendencia continua de abatimiento, algunos pozos se secarán en Septiembre de 2018, y la demanda de agua no será satisfecha sin incurrir en una sobreexplotación. El escenario optimista considera continuar con la recarga media estimada y una reducción del 50% en la descarga de agua subterránea. En este caso, el abatimiento del nivel freático pararía y las elevaciones del nivel freático en algunas áreas del acuífero se recuperarían. Mientras que, el escenario de cambio climático considera una reducción del 40% en la recarga media estimada (es decir, un futuro con condiciones secas), e implica una reducción de la extracción actual al 50%, para que el abatimiento del nivel freático se detenga. Finalmente, con base en los resultados de esta simulación: 1. Se aprecia una tendencia clara del abatimiento del nivel freático, debido a décadas de intensa explotación del acuífero; 2. Se estima una recarga promedio de 23.8 Mm³/año, la cual es sustancialmente menor que el volumen de distribución de agua subterránea considerado por la CONAGUA (37.21 Mm³/año), y 3. Se determina que una reducción en la extracción actual, por sí sola, no revertirá el abatimiento de los niveles de agua en toda la región. La estrategia más viable parece ser: la combinación de una reducción en la extracción actual y la aplicación de una solución alternativa (como la recarga artificial de aguas subterráneas), la cual, proporciona la medida más eficaz para estabilizar el abatimiento y recuperar los niveles de agua subterránea y al mismo tiempo satisfacer la demanda de agua en la región.

GEOH-4

EFFECTO EN EL ACUÍFERO DE MANEADERO, B.C. POR LA RECARGA INCIDENTAL DE AGUA RESIDUAL TRATADA

Gilbert Alarcoón Christian¹, Daessle Luis Walter², Pérez Flores Marco Antonio³, Salgado Méndez Saul¹, Mendoza Espinosa Leopoldo⁴, Kretschmar Thomas⁵ y Stumpp Christine¹

¹UABC

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC

³CICESE

⁴Helmholtz Zentrum Muenchen

chrisgila@outlook.com

La sobreexplotación del acuífero de Maneadero ha ocasionado el acelerado avance de la intrusión salina. Para mitigar el problema de la salinidad del acuífero y la escasez de agua, desde 2014 se han regado diversas parcelas con agua residual tratada misma que también se descarga en el lecho de los arroyos, principalmente Las Ánimas. El reciclaje de aguas urbanas en el ambiente puede tener un impacto ambiental y social, más aun si este proceso se lleva a cabo sin una planeación y conocimiento adecuado del medio. Tras tres años de iniciado el reciclaje de las aguas residuales, se cuenta con el único estudio sobre el flujo del agua reciclada en el subsuelo y de las posibles interacciones con el medio. En el presente trabajo se lleva a cabo una descripción geoquímica y geofísica del acuífero, con especial atención en el sitio de recarga incidental con agua a lo largo del arroyo que desemboca en el sitio Ramsar del Estero de Punta Banda. En vista de que el acuífero se encuentra contaminado por la infiltración a lo largo de décadas de agua residual por la ausencia de drenaje urbano, así como la lixiviación natural de minerales ricos en flúor, el mayor reto del presente trabajo es identificar y diferenciar entre los componentes hidrogeoquímicos (endmembers) existentes y aquellos inducidos por la recarga incidental de aguas recicladas. La aplicación de indicadores hidrogeoquímicos de procedencia del agua, tales como razones B/Cl, Br/Cl, NO₃, isótopos estables de oxígeno, deuterio y nitrógeno, así como métodos geofísicos empleando resistividad eléctrica, nos permiten realizar una

primera descripción de la dinámica del acuífero en respuesta a la infiltración continua de agua por actividades de descarga y riego. Asimismo, definir el efecto de la recarga en la calidad del agua extraída de pozos adyacentes, y distinguirlo de los efectos ya existentes por contaminación y/o intrusión de agua marina.

GEOH-5

APORTES AL ENTENDIMIENTO DE LA INFLUENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES SUPERFICIALES EN EL PROCESO DE RECARGA ACUÍFERA VALLE DE AGUASCALIENTES

Hernández Martín¹, Frías Guzmán Diego Humberto², Hernández Sergio Joel³ y Pacheco Jesús⁴

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Doctorado en Ciencias de los Ambitos Antrópicos, Universidad Autónoma de Aguascalientes

³Maestría en Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Aguascalientes

⁴Departamento de Construcción y Estructuras, Universidad Autónoma de Aguascalientes
mhernandez@correo.uaa.mx

En este trabajo se analiza la potencial participación de las discontinuidades superficiales del valle de Aguascalientes en el proceso de recarga e hidrodinámica del sistema acuífero. De acuerdo a la información de Conagua, actualmente el acuífero del valle de Aguascalientes presenta un desequilibrio de casi 250 x 106 m³, producto de una recarga cercana a los 300 x 106 m³ y una descarga aproximada de 550 x 106 m³. Lo que ha motivado primero a entender el proceso de recarga en el valle y luego a entender el rol de sus características como lo son las discontinuidades superficiales, que podrían ser una de las más críticas en el proceso. El valle de Aguascalientes es un graben tectónico flanqueado por dos fallas paralelas de orientación preferencial N-S. A partir de las últimas décadas han aparecido una importante cantidad de fallas y fracturas en el centro del valle, su aparición junto con la reactivación de una de las fallas tectónicas que originaron el valle (falla oriente), se cree podrían estar asociados al proceso de subsidencia. Las discontinuidades del interior del valle presentan también una orientación N-S. Una de las varias interrogantes que son planteadas por los especialistas y que se relacionan con las fallas y fracturas es ¿Cuál es la participación de estas estructuras geológicas en el proceso de recarga y en general en la hidrodinámica del acuífero del valle de Aguascalientes? Mediante un proyecto en curso, se está diseñando una metodología que incluye la aplicación de métodos geofísicos, principalmente el de resistividad y de sísmica de refracción, análisis geoespacial, piezometría y modelación numérica. Los resultados iniciales indican que algunas de estas discontinuidades están actuando como canales de recarga, debido principalmente a su reciente actividad mecánica y al proceso de erosión hídrica subsuperficial y superficial, que ha incrementado la permeabilidad de la misma. Por otro lado, mediante el método del proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), se establece que el potencial rol de estas estructuras podría ser de suma importancia en el proceso de recarga vertical.

GEOH-6

ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y ALMACENAMIENTO DEL ACUÍFERO CÁRSTICO COSTERO NOROESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Canul Cesar¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹ y Hernández-Espriú Antonio²

¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Grupo de Hidrogeología, Departamento de Geología, UNAM
ccanulm@iingen.unam.mx

Los acuíferos cársticos son sistemas complejos y un reto para el estudio del flujo del agua subterránea. La conductividad hidráulica y el almacenamiento del acuífero son parámetros hidrodinámicos importantes para entender el comportamiento del flujo subterráneo y la dinámica del acuífero. La costa de la península de Yucatán es un ejemplo de acuífero cárstico, cuya dinámica depende de los aportes y extracciones terrestres, así como la interacción con el mar. En estos sistemas, el movimiento del acuífero regional está en continua relación con el nivel medio del mar, por lo que, ambos esfuerzos definen el flujo y la descarga subterránea hacia el océano, en conjunto con los parámetros de conductividad hidráulica y almacenamiento. Existen varias técnicas de caracterización de estos parámetros hidrodinámicos; entre las que se pueden mencionar: (a) pruebas de bombeo y slug test, mismas que requieren de inducir un esfuerzo al acuífero y monitorear su respuesta, (b) técnicas que sugieren aprovechar el monitoreo de esfuerzos naturales en el acuífero como las oscilaciones inducidas por mareas, geotermia y movimiento tectónicos. El presente trabajo muestra los resultados del monitoreo del nivel estático de una porción de la costa de Yucatán, así como el análisis de los esfuerzos y componentes de las oscilaciones espacio temporales del agua subterránea. Con el uso del modelo de Ferris, se calcula la conductividad hidráulica y el almacenamiento del acuífero. De igual forma, se realizan pruebas slug test en algunos pozos y se contrastan los resultados obtenidos. Los resultados muestran similitudes en los parámetros hidrodinámicos calculados con las diferentes técnicas utilizadas, con rangos de conductividad hidráulica que van de 2 x 10⁻³ a 2 x 10⁻¹ m/s y los almacenamientos de 1 x 10⁻³ a 1 x 10⁻⁵. Los modelos analíticos utilizados para el cálculo de estos parámetros hidrodinámicos parten del supuesto que el acuífero regional puede ser considerado como un medio poroso equivalente, y los resultados obtenidos sugieren que bajo este supuesto se pueden caracterizar razonablemente bien el

comportamiento del acuífero regional de la costa noroeste de la Península de Yucatán.

GEOH-7

APORTACIONES AL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL DE LA CUENCA DE MÉXICO A PARTIR DEL PROGRAMA DE EXPLORACIÓN PROFUNDA

Morales Casique Eric, Escolero Fuentes Oscar, Arce

Saldaña José Luis y Lezama Campos José Luis

Instituto de Geología, UNAM

ericmc@geologia.unam.mx

El gobierno de la Ciudad de México a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Petróleos Mexicanos están llevando a cabo un programa de exploración profunda en la Cuenca de México. A la fecha se han perforado 4 pozos: el San Lorenzo Tezonco (2008 m de profundidad), los Agrícola Oriental 2B y 2C (2000 m y 1570 m de profundidad, respectivamente) y el Santa Catarina 3A (1992 m de profundidad). Estos pozos han permitido ampliar el conocimiento de la estratigrafía, la geología y la hidrogeología de la cuenca. A partir del análisis de los registros geofísicos y de la estratigrafía se ha propuesto una hidroestratigrafía que incluye un acuitardo de espesor variable pero ubicado a una profundidad entre 800 y 900 m aproximadamente y un acuífero en rocas volcánicas ubicado a profundidades mayores a los 1000 m. En dos de los pozos ha sido posible efectuar pruebas de aforo que proporcionaron información sobre los parámetros hidrogeológicos y muestras de agua que aportan información sobre sus características químicas e isotópicas. Se presentarán y discutirán esos resultados y sus implicaciones en el modelo conceptual hidrogeológico de la cuenca.

GEOH-8

DELIMITACIÓN DE UNIDADES GEOELÉCTRICAS MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN LA PORCIÓN CENTRO-NORTE DEL VALLE EL SAUZ ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Villalobos Aragón Alejandro, Espejel García Vanessa Verónica, Espejel García

Daphne, Sifuentes Acosta Karla Ivonne y Cervantes González Indra Daniela

Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

avillalobos@uach.mx

El acuífero del Valle El Sauz Encinillas es una de las principales fuentes de abastecimiento para la Cd de Chihuahua. El incremento en la población en la porción central del estado, así como el cambio en las condiciones climáticas (prolongadas sequías) han provocado una sobreexplotación del sistema acuífero. El acuífero está compuesto por sedimentos aluviales cuaternarios de granulometría variada, que llega a alcanzar espesores de hasta 600 metros en la porción central del valle y está delimitado en su porción occidental por riolitas y tobas riolíticas y en su porción oriental por calizas. A partir de 2014 se han realizado 40 sondeos eléctrico-verticales (arreglo Schlumberger con distancias AB/2 de al menos 250 metros) en la zona cercana a la Laguna de Encinillas. Lo anterior permitió delimitar el basamento y otras 4 unidades geoelectricas presentes en la zona (desde un conglomerado basal hasta sedimentos finos ligados a la Laguna). Con la información recabada se elaboró un modelo geoelectrico-sedimentario de la porción superior del acuífero, en donde se observa la interrelación entre los sedimentos ligados a la Laguna y los sedimentos de los abanicos aluviales presentes en la zona.

GEOH-9 CARTEL

ORIGEN DE LA SALINIDAD EN SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Ramos-Leal José Alfredo¹, Moran-Ramirez Janete¹, Santacruz

de León German² y Almanza Tovar Oscar Guadalupe³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²El Colegio de San Luis

jalfredo@ipicyt.edu.mx

La salinización de suelos es el resultado de las interacciones de varios como son; calidad del agua utilizada en riego frecuencias de aplicación, las características del clima y la textura del suelo y en algunos casos en zonas en donde los niveles de agua subterránea son cercanos a la superficie (menor a 2,5 m). El propósito de este trabajo es presentar las condiciones que causan de la salinización del suelo. Para evaluar la salinización de suelos se realizó un muestreo de suelo y agua en zonas de uso agrícola y parques. Se determinaron, iones mayores y elementos traza en agua y en suelo solo iones mayores. Los resultados indican que los principales factores de salinización del suelo es la evaporación, la baja permeabilidad del suelo y el intercambio catiónico entre Mg, K, Ca y Na+ en las aguas junto con la presencia de aguas subterráneas poco profundas y condiciones semidesérticas de la región que promueven la precipitación del mineral. La modelación inversa, indica precipitación de natrit, natrolita y otros minerales asociados al natrón, por otro lado, la modelación muestra que la composición mineralógica de la roca fuente rica en Na, juega un papel muy importante en la composición química del agua y la salinización del suelo.

GEOH-10 CARTEL

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE CELAYA, GUANAJUATO: PROCESOS DE DESVITRIFICACIÓN, DISOLUCIÓN DE SILICATOS E INTERCAMBIO IÓNICO

Morales Arredondo José Iván¹, Flores Ocampo Itzamna Zaknite² y Armienta M. Aurora¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Química, UNAM

ivanma@geofisica.unam.mx

El comportamiento hidrogeoquímico del acuífero del Valle de Celaya (VC) está afectado por procesos de intercambio iónico, disolución y meteorización de silicatos y desvitrificación de material ígneo; cinéticamente algunos de estos procesos son acelerados durante la interacción agua-roca ya que en diversos sitios de la zona de estudio hay presencia de agua con características geotérmicas. Para la caracterización y modelación hidrogeoquímica se realizó un estudio de los procesos hidroquímicos evolutivos que ocurren en el agua subterránea, se utilizaron concentraciones de iones mayores y algunas especies menores, además de información geológica del acuífero del VC, la información obtenida sirve para entender como el agua adquirió sus características actuales. Procesos de intercambio iónico suceden en ambientes sedimentarios arcillosos donde el tipo de arcilla está relacionada con la liberación de elementos como Na⁺ o K⁺, procesos de desvitrificación y de disolución de silicatos, que ocurren en rocas volcánicas pueden verse afectados cinéticamente por flujos geotérmicos. El estudio de estos procesos puede ayudar a comprender la presencia de elementos contaminantes en el agua subterránea del área estudiada.

GEOH-11 CARTEL

EVIDENCIAS HIDROGEOQUÍMICAS QUE EXPLICAN LAS CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO TERMAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAGRÁN, GUANAJUATO

Ortega Gutiérrez Joel Edmundo¹, Morales Arredondo José Iván² y Armienta M. Aurora²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto de Geofísica, UNAM

jeog_1009@outlook.com

En 2017 se realizaron dos campañas de muestreo de agua subterránea en el municipio de Villagrán, Guanajuato, para determinar el contenido de compuestos químicos mayores. Con los datos obtenidos se realizó una evaluación y caracterización del comportamiento del acuífero. Geológicamente, en la zona existe una diversidad litológica y estructural que influye en el tipo de agua, además hay evidencias de actividad hidrotermal en diversos sitios del área estudiada (temperatura hasta 50°C). El objetivo del trabajo es definir los procesos hidrogeoquímicos que están involucrados en las características actuales del acuífero. Se utilizaron técnicas convencionales de análisis químico de agua subterránea para identificar algunos procesos geoquímicos responsables de su composición química y del posible incremento de la temperatura en la zona. De acuerdo a los resultados se determinaron dos tipos de agua: uno Na-K-HCO₃ y otro Na-HCO₃, ambos pudieran estar ligados a procesos de intercambio iónico. Además, se observó que las muestras evaluadas comparten una similitud hidrogeoquímica, lo que pudiera indicar que pertenecen a un mismo entorno hidrogeológico. Para determinar el origen de los componentes químicos del agua se utilizó el diagrama de Gibbs, con el que se determinó que dichos componentes provienen de la interacción agua-roca. Para corroborar esto, fue necesario utilizar los diagramas propuestos por Tardy, donde se aprecia que el agua está en equilibrio con minerales secundarios productos de la interacción agua-roca. Se observó que en algunos pozos con termalismo los procesos hidrogeoquímicos ocurren con mayor intensidad. Se sugiere que el incremento de la temperatura puede estar relacionado a la generación de calor producto de reacciones exotérmicas y termodinámicas que se llevan a cabo en el acuífero.

GEOH-12 CARTEL

ESTUDIOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y TEMPORAL DE LA DESCARGA NATURAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA DEL RIO AMACUZAC

Bautista Pueyo Isaac¹ y Morales Casique Eric²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

isaacbaut@gmail.com

El agua subterránea en la cuenca del Amacuzac es muy relevante ya que es la principal fuente de abastecimiento para los diferentes usos tanto urbanos como agrícolas. Este estudio plantea el monitoreo y caracterización físico-química y temporal de la descarga natural de agua subterránea en la cuenca con el fin de explorar si este enfoque permite diferenciar los distintos sistemas de flujo de agua subterránea a diferentes escalas espaciales. Tomando como marco el trabajo previo de Morales-Casique et al. (2016), se plantea realizar un monitoreo temporal de datos físicos y químicos en los lugares de descarga de agua subterránea. La combinación

de técnicas químicas, físicas, isotópicas con el monitoreo continuo de los patrones de descarga en términos de caudal, la temperatura y la conductividad eléctrica nos proporcionará datos y series de tiempo que serán analizadas con técnicas hidrogeoquímicas, estadística multivariada y transformada de Fourier para las series de tiempo. Se plantea la hipótesis de trabajo que podremos asociar estos patrones de descarga a los distintos tipos de sistemas de flujo de agua subterránea a escala regional, intermedia y local y como estos varían con el tiempo dentro de la cuenca del río Amacuzac.

GEOH-13 CARTEL

EVALUATION OF NUTRIENT AVAILABILITY USING ION EXCHANGE RESINS IN A SEASONAL PERIOD IN THE CUCHUJQUI RIVER BASIN

Vizuite Jaramillo Efraín Eduardo¹, Grahmann Kathrin², Mora Lucy³, Encinas Arballo Alondra¹ y Robles Morúa Agustín¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²University of Kassel

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
efra.vzt@gmail.com

Ecosystems differ widely in nutrient supply rates because of differences in rates of decomposition, mineral weathering, and other processes. In protected areas in the Cuchujaqui basin in Northern Mexico, the nutrient fluxes can vary depending on the history of land use, topography, climate, soil nutrient accumulation, species composition and forest type. In some cases, this accumulation of nutrients may present a risk of contamination in the Cuchujaqui river which affects protected areas, rivers, aquifers and finally the flora and wildlife. The Cuchujaqui basin is characterized by a semi-arid climate. This region receives up to 70% of the annual rainfall generated during the North American Monsoon (NAM) in the months of July, August, and September when more nutrient movement is expected. In this project, we built and installed ion exchange cartridges and resin bags which were installed in two streams with different degrees of conservation within the Cuchujaqui river basin to measure the flow of nutrients. The ion exchange cartridges were installed in the ground (with different depths) during the summer. This method is characterized by undisturbed soil structure; thus, more representative information is obtained about the nutrient fluxes in the environment. At the end of the season, the cartridges were removed, divided into four different layers and each layer was extracted by 0.5 M H₂SO₄. The resin bags were anchored in the rock by resistant cables on the surface of the streams. This method captures the flow of nutrients carried by the streams on the surface. Since the installation, the resin bags were changed every two weeks throughout the summer. Each resin bag was extracted by 0.5 M H₂SO₄. Additionally, soil samples were taken and soil types were determined through soil profiling. Soil samples were used to evaluate P, NO₃, NH₄ and organic matter. Texture, structure, pH, and salinity were determined. The results with the ion exchange cartridges indicate that there is no significant difference between sites with nitrate concentration. Although, the concentrations of phosphate and ammonium present a significant difference between sites. The results with the resin bags indicate that there is no significant difference between sites with nitrate and ammonium concentrations. However, the concentration of phosphate presents a significant difference between the sites. In several previous experiments, resin cartridges have proven their efficiency to evaluate significant differences between agricultural production systems. In the same way, the resin bags have been effective in research to measure the availability of nutrients in natural ecosystems and laboratories. Until now, these methodologies had not been applied in nature reserves or natural ecosystems where it can demonstrate specifically the flow of nutrients that move through rivers or streams in an environment with different degrees of conservation after extreme rainfall events. Ion exchange cartridges and resin bags were found to be a useful tool to determine nutrient flows in semi-arid river basins during the rainy season.

GEOH-14 CARTEL

USO DE MODELOS GEOESTADÍSTICOS EN EL DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL CENTRO-NOROESTE DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Piña González Viridiana¹, Li Yanmei², Knappett Peter³, Hernández Horacio⁴, Giardino John³, Miranda-Avilés Raúl¹ y Puy Alquiza María Jesús²

¹Maestría en Ciencias del Agua, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato

²Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato

³Department of Geology and Geophysics, Texas A&M University, College Station, TX, 77840

⁴Departamento de Ingeniería en Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato
viripina@gmail.com

Uno de los mayores problemas relacionados con la sobreexplotación de los mantos acuíferos es el cambio en la calidad del agua debido a que el agua que se extrae es el agua más profunda, la cual tiene minerales debido a la interacción entre agua-roca. Para el estado de Guanajuato se definieron 20 acuíferos, 18 de los cuales se encuentran sobreexplotados. El ritmo de agotamiento de la reserva de agua es de 0.6 Km³ cada año (CONAGUA, 2006). En el estado de Guanajuato, el agua subterránea juega un papel importante para el abastecimiento de agua

potable, 98.3% del agua que se utiliza es de origen subterráneo (CEA, 2011) y abarca el uso doméstico, agrícola, industrial y de comercio. Se llevaron a cabo muestreos en pozos de agua potable y un análisis geoestadístico en los acuíferos Cuenca Alta del Río Laja, Laguna Seca, San Miguel de Allende, Dr. Mora-San José Iturbide (CARL-LS-SMA-DMSJ) con datos generados desde el 2015 por parte de la Universidad de Guanajuato y la Universidad de Texas A&M, para determinar la calidad del agua en la Cuenca de estudio y generar así posibles propuestas que contribuyan a la sustentabilidad de la misma, utilizando principalmente los software ArcGIS 10.1 y AQUACHEM 4.0 La zona de estudio se encuentra ubicada en el centro-noroeste del estado de Guanajuato, tiene una superficie de 7017 km² (Ortega M. 2009). Pertenece a la Provincia fisiográfica: Mesa Central y Eje neovolcánico Transmexicano, es una Cuenca sedimentaria. Se analizaron 145 pozos dentro de la zona de estudio y se determinó que para arsénico el 15.86% de los pozos se encuentran con concentraciones por encima del límite establecido por la normatividad mexicana (modificación a la NOM 127-ssa1-1994) para agua potable y el 46.20% estaban por encima del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) así como el 22.06% por encima del límite establecido para flúor, en ambos casos. Estas altas concentraciones de estos dos elementos, se relacionan con la sobreexplotación de los acuíferos de la CARL, debido a que el agua que se extrae ya se encuentra en altas profundidades y las rocas volcánicas, que son de los principales componente de los acuíferos, contienen arsénico y flúor en sus minerales como óxidos de hierro, silicatos, carbonatos, entre otros como la fluorita. El tipo de agua que se detectaron en la zona son: Na-HCO₃ principalmente, Ca-Mg- HCO₃ y Ca-SO₄. Con los datos generados se considera necesario restringir las extracciones en el norte y noroeste de la cuenca debido a que ahí es donde se encuentran las mayores concentraciones de éstos elementos así como explorar nuevas zonas para la obtención del agua (en áreas de recarga del sur de la zona).

GEOH-15 CARTEL

ESQUEMA DE OPERATIVIDAD, CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES UBICADOS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO CUPATITZIO, MICHOACÁN, MÉXICO

Silva García Jose Teodoro, Cruz Cárdenas Gustavo y López Díaz Sigifredo
 Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de
 Investigación para el Desarrollo Integral Regional Michoacán
 tsilva09@hotmail.com

La cuenca del río Cupatitzio forma parte de la Subregión bajo Balsas y se ubica en el centro-occidente de Michoacán con una superficie de 1536.49 km². Se identificaron un total de 35 manantiales que alimentan el caudal del río; sin embargo, problemas de inseguridad local, permitieron el estudio en solo 22 de ellos, distribuidos en cuatro municipios: 6 en Tarétan, 10 en Uruapan, 2 en Ziracuaretiro y 3 en Nuevo Parangaricutiro. Se realizaron los aforos correspondientes durante el mes de junio del 2015 y mayo del 2016, utilizando como método principal el flujómetro. El volumen de gasto total obtenido fue de 14. 376 m³/s para 2015 y de 15.741 m³/s, para el año 2016, lo que es indicativo de una estabilidad hídrica en términos de recarga para el periodo medido. Al referirnos a la parte de calidad de agua, la determinación de algunos parámetros físico-químicos se realizó "in situ" en cada uno de los manantiales, utilizando un multisensor Hydrolab (Surveyor 4). Los datos registrados fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos totales disueltos y cloruros. Los valores de conductividad eléctrica obtenidos están en rangos de 140 y 194 mS/m, lo que ubica a estas aguas de excelente calidad en términos de salinidad; el rango para STD fue con la misma tendencia, estos valores permiten suponer que el agua ha tenido una permanencia en el subsuelo relativamente corta. El pH de las aguas estudiadas se encuentra entre 6.9 y 7.8, es decir, aguas de alcalinidad básica y dentro de los límites permisibles. La temperatura del agua muestreada, se presenta en rangos de 16.8 °C hasta de 20.2 °C; el promedio fue de 17.5 °C. De acuerdo con la clasificación de Piper, las muestras analizadas corresponden a aguas bicarbonatadas cálcicas, mostrando como procesos principales el intercambio catiónico y la mezcla de aguas, por lo que se puede decir, que son aguas que no han tenido mucho tiempo de contacto y son de reciente infiltración. La parte microbiológica indica que en términos generales las condiciones de sanidad del agua al nacer son buenas. El uso del agua, es preponderantemente urbano seguido de lo agrícola y recreativo o su combinación y en todos los casos el caudal presenta un comportamiento estable en los periodos medidos, es decir no se agota en su totalidad. El 40% de los manantiales presentan amenazas de impacto negativo por la presencia de una fuente de contaminación, ya sea, por aguas residuales, actividades agropecuarias, crecimiento demográfico o actividades recreativas. El volumen de agua anual que se genera por los manantiales satisface ampliamente las necesidades de la región.

GEOH-16 CARTEL

HIDROGEOLOGÍA DE UN ACUÍFERO GRANULAR EN EL MUNICIPIO DE OCOTLÁN DE MORELOS, OAXACA

Hernández Sánchez Rosa Isabel¹, Belmonte Jimenez Salvador Isidro², Ojeda Olivares Edwin Antonio³, Campos Enríquez Oscar³ y Ladrón de Guevara Torres María de los Ángeles²

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR - Oaxaca

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 rosaisabelhdz@gmail.com

El municipio de Ocotlán de Morelos se encuentra ubicado al sur de la capital del estado de Oaxaca, en esta localidad se tiene delimitada la subcuenca del Valle de Ocotlán. Para la caracterización hidrogeológica se digitalizaron las cartas aeromagnéticas del Servicio Geológico Mexicano para obtener el mapa de campo total del área de estudio y se definieron cuatro perfiles realizando una modelación directa utilizando el Software GM-SYS de Geosoft® (1998) basado en el algoritmo de Talwani, se propuso un modelo geológico y se modificó hasta lograr el mejor ajuste entre los datos observados y calculados, que generalmente se acepta cuando el RMS es menor al 10%. Para el procesamiento de los datos de resistividad eléctrica se realizaron en el año 2015 20 SEV's con una AB/2 de 100 m distribuidos en el Valle de Ocotlán, en octubre del 2016 se realizaron 17 SEV's con un AB/2 de 250 y de acuerdo a la revisión bibliográfica se tomaron 6 SEV's realizados en 1977 con un AB/2 de 65 a 130 m. Los datos de resistividad eléctrica se interpretaron con el modelado inverso a través del software IPI2WIN®. La estratigrafía y tipos de suelo se interpretaron según los valores de resistividad eléctrica en cada estrato. Con esta información se construyeron cuatro perfiles geo-eléctricos con lo que se determinó la configuración estratigráfica del acuífero. De acuerdo a los trabajos de campo y la interpretación de los resultados obtenidos se determinó la geometría del subsuelo de la subcuenca de Valle de Ocotlán al utilizar diferentes métodos geofísicos como son: Sondeos Eléctricos Verticales (SEV'S): Este método mostró las diferentes unidades estratigráficas relacionadas y determinó la resistividad presente en cada una de ellas. en estas capas litológicas de acuerdo a la resistividad presente en las rocas, y se concluye que el suelo de textura arcillosa es el que predomina en los primeros 50 metros, las capas de arcilla y limos se interpretaron que existen en todos los sitios muestreados derivado de la degradación de las rocas ígneas y metamórficas presentes en el área en estos puntos cuya resistividad se interpreto en un rango de resistividades de 6-60 #-m asociadas a materiales granulares (arcilla, limos, arenas). La segunda unidad de espesor variable entre de 20 a 50m y presenta una resistividad de 10-130 #-m asociados a material de textura arcillosa (Toba Andesítica-andesita), se interpretaron la fallas geológicas con resistividades menores a 10 #-m. Modelado Conjunto Directo de datos de gravimetría y magnetometría: Este método permitió obtener un aproximación de los espesores, respecto susceptibilidad de las rocas. Por lo tanto los métodos inferen que el espesor del aluvión en promedio es de 60 a 80 m de profundidad, estas características lo hacen factible a la recarga y vulnerable a la contaminación.

GEOH-17 CARTEL

MODELACIÓN NUMÉRICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ Y VILLA DE REYES EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Almanza Tovar Oscar Guadalupe¹, Ramos-Leal José Alfredo¹, De Lara Beshulto Josue¹, Tuxpan Vargas José¹ y Hernández García Guillermo de Jesús²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTYT

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

En los últimos años se ha originado un cambio notorio en el cambio de uso de suelo en la zona comprendida por el Valle de San Luis Potosí y Villa de Reyes, debido al asentamiento industrial, siendo de las pocas ciudades en el mundo en contar con dos ensambladoras automotrices, lo cual ha originado como efecto colateral un aumento en vivienda, industria y una migración atípica para la región mencionada. Con lo cual, ha provocado un problema de aumento en la demanda de agua para los diferentes usos; este problema ya se detectaba en años anteriores, pero al sumar estos factores antes mencionados el recurso hídrico se ha visto altamente impactado. Para ello, se realizó un modelo de agua subterránea, con el cual se valoró el comportamiento que ha presentado desde que se cuenta con registro de información hasta la fecha, además se evaluó con un modelo predictivo, teniendo resultados en los cuales las afectaciones ocasionadas por el asentamiento industrial causarían un daño bastante representativo. El modelo de agua subterránea, se realizó a través del desarrollo de modelos de scripts con el lenguaje de programación Python denominado FloPy, los cuales su base teórica a sido presentada por diversos autores; una ventaja de Python es que hay muchos paquetes disponibles para facilitar el proceso de desarrollo del modelo, incluyendo paquetes para trazar, manipulación de arrays, optimización y análisis de datos. Para los modelos basados en MODFLOW, el paquete FloPy fue desarrollado por los autores para construir los archivos de entrada del modelo, ejecutar el modelo y leer y representar los resultados de la simulación. Se presenta un análisis de modelación de agua subterránea para demostrar el potencial que se pueden realizar utilizando Python (a través de la paquetería de Scipy con Anaconda) y FloPy.

GEOH-18 CARTEL

DISEÑO DE CAMINATAS ALEATORIAS PARA ESTIMAR PARÁMETROS PETROFÍSICOS EN ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS

Briones-Carrillo Jorge Alberto, Aguilar Madera Carlos Gilberto, Soto Villalobos Roberto, Molina Espinoza Lázaro, Matías Pérez Víctor y Flores Cano José Valente
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 jorge.brionescr@uanl.edu.mx

La porosidad de una roca se define como la fracción del volumen aparente del depósito que no está ocupada por el marco sólido del depósito, mientras que la permeabilidad de una roca es la capacidad que esta tiene de transmitir un fluido. En este trabajo se presenta una metodología en donde a partir de micrografías digitales de rocas sedimentarias detríticas y algoritmos de programación diseñados en el lenguaje de programación R-Studio, se identifica numéricamente las cavidades porosas diferenciándolas de la matriz, esto permite estimar numéricamente la porosidad, a la par se utilizarán fractales como referencia ya que se conoce analíticamente su porosidad. Posteriormente se utilizará la simulación numérica de caminatas aleatorias que simulen la trayectoria de partículas a través del medio poroso, permitiendo estimar parámetros petrofísicos de la muestra. Estos valores se compararán con resultados de laboratorio y literatura.

GEOH-19 CARTEL

CORRELACIÓN ENTRE LOS POZOS SAN LORENZO TEZONCO Y AGRÍCOLA ORIENTAL

Cruz González Daniel¹, Lezama Campos José Luis² y Morales Casique Eric²
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
 danielcruzg9207@gmail.com

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) completó los pozos Agrícola Oriental 2B (AO2B) y 2C (AO2C), a aproximadamente 2 km del pozo San Lorenzo Tezonco (SLT). En el pozo SLT se identificó un acuífero en rocas volcánicas a más de 1140 m de profundidad. En este trabajo se presenta una correlación entre estos pozos a partir de información sísmica disponible y los registros geofísicos y la estratigrafía de cada pozo. Se discute la posibilidad de que los estratos productores y los acuitardos identificados en el SLT tengan continuidad hacia los pozos AO. La información sísmica permite apoyar esa correlación e identificar elementos estructurales que afecten la continuidad de los estratos. En el futuro se pretende explorar la correlación con el pozo Santa Catarina 3A completado recientemente, así como con el pozo Tulyehualco-1 perforado en 1986.

GEOH-20 CARTEL

ESCURRIMIENTO Y DEMANDA HÍDRICA DOMÉSTICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (AMG), 2000-2010

Álvarez Pozos Sandra Luz¹, Delgado Vázquez Marco Antonio¹, García García Edith Xiomara² y Vázquez de León María del Sol¹
¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
²Centro Universitario Tonalá, Universidad de Guadalajara
 sandixal@yahoo.com.mx

En este trabajo se analizó la demanda hídrica doméstica de 283 registros en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), considerando que el consumo hídrico humano estará en conflicto en el año 2030. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que para un desarrollo básico humano se necesitan 50 litros por habitante por día, debajo de esta cantidad se encontrara en situación de estrés hídrico. Con el propósito de conocer si el porcentaje del escurrimiento que proviene de la precipitación atmosférica satisface la demanda hídrica domestica del AMG se utilizó con el método de abstracciones de lluvia (SCS) o Curva numérica (CN) ante un escenario del suelo en condición natural y un suelo ya urbanizado en el periodo 2000-2010 considerando años húmedos, normales y secos clasificados de acuerdo al Índice Estandarizado de Precipitación (ISP). Los resultados muestran que en una condición natural se infiltraría la mayoría de agua precipitada, con un promedio anual de 95.9 % (1102.9 mm) y que el escurrimiento es mínimo con un porcentaje de 4.1 % anual (51.0 mm). Al dividir la micro cuenca en área urbanizada, camellón, jardín y terrenos baldíos se calculó el volumen total de lluvia que en promedio es 309, 393,093.8 metros cúbicos, en donde se escurre 73.17 % y se infiltra el 26.83%. La diferencia del volumen escurrido con la demanda hídrica del AMG es de 135, 767, 438.4 metros cúbicos, hay un sobrante de agua de 90, 637, 293.13 metros cúbicos. La demanda hídrica doméstica hasta el año 2010 se podría haber satisfecho al 100 % por el agua de escurrimiento de ser recolectada y utilizada.

GEOH-21 CARTEL

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA EN EL ACUÍFERO GRANULAR DE LA SUBCUENCA DEL VALLE DE OCOTLÁN, OAXACA

Hernández Sánchez Rosa Isabel¹, Belmonte Jimenez Salvador Isidro², Ojeda Olivares Edwin Antonio², Campos Enríquez Oscar³ y Ladrón de Guevara Torres María de los Ángeles²
¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR - Oaxaca
²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR
³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 rosaisabelhdz@gmail.com

La subcuenca del Valle de Ocotlán es una de los cuatro microcuencas que conforman el acuífero Valles Centrales. En los últimos diez años la subcuenca ha experimentado cambios en la disponibilidad del agua, debido a periodos de sequía; afectando principalmente a los habitantes del Valle de Ocotlán siendo su principal actividad económica la agricultura. Se realizó una serie de mediciones piezométricas en diferentes periodos de tiempo con el objetivo de determinar la evolución espacio temporal de los niveles piezométricos, para ello se monitorearon 83 pozos de aprovechamiento dentro de la subcuenca, a los que se les midió la profundidad al nivel estático, realizando la nivelación topográfica correspondiente de brocales en los pozos. Las mediciones se realizaron durante el periodo 2001 al 2009 y 2015 al 2016, como resultado de se observa que en los años 2005 – 2008 se presentó una disminución del nivel piezométrico de hasta 10 m. principalmente en la zona baja aluvial (al oeste de la subcuenca), sin embargo para los años 2015 y 2016 se observa un incremento de hasta de 5-10 m. Para la identificación de zonas de recarga se procesó la información proveniente de las pruebas de bombeo e infiltración realizadas en la subcuenca teniendo como resultado que las parte noroeste de la subcuenca presentan una mejor permeabilidad al tener valores de conductividades hidráulicas mayores, estos pertenecen a formaciones de suelo arenosas o arenas limosas en estas áreas las conductividades hidráulicas presentaron valores de 45m/día y para las áreas donde se encontraron suelos arcillosos y rocosos las conductividades hidráulicas presentaron valores inferiores a los 3m/día. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que las zonas de recarga identificadas en el área de estudio son aptas para la construcción de obras de recarga artificial a la subcuenca e incrementar el nivel piezométrico.

GEOH-22 CARTEL

MODELADO NUMÉRICO EN TRES DIMENSIONES DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO DE LA COLONIA VICENTE GUERRERO, B.C., MÉXICO - ESTADO ESTACIONARIO

Aguilar Ojeda Jose Alonso¹, Campos Gaytan Jose Ruben¹, Herrera Oliva Claudia Soledad¹ y Bazante González Isidro²
¹Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California
²Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín, Universidad Autónoma de Baja California
 alonso.aguilar@uabc.edu.mx

Se ha desarrollado un modelo conceptual hidrogeológico en tres dimensiones del acuífero de la Colonia Vicente Guerrero, para estudiar el comportamiento del nivel freático en la zona mediante un simulador numérico del flujo de agua subterránea. En el Estado de Baja California se ha incrementado la demanda de agua; sin embargo, el Estado se caracteriza por su baja disponibilidad hidrológica superficial, sustentando su desarrollo prácticamente en la disponibilidad de agua subterránea. Con base en la información piezométrica de la zona de estudio, durante los últimos cuarenta años se infiere una etapa de evolución negativa del almacenamiento. Debido a que, hasta el momento no existe una evaluación hidrogeológica que determine la condición real del recurso hidráulico subterráneo, se ha generado esta simulación numérica. La calibración del simulador se realiza mediante la comparación del nivel freático calculado con el registro del nivel piezométrico medido en campo. Con base en la información analizada, se ha definido como inicio de la simulación al mes de Agosto de 1978. En general, la comparación cuantitativa de las elevaciones de niveles freáticos calculado y medido en campo tiene un buen ajuste, ya que, se observa un RMS promedio de aproximadamente 1.50 m en todo el acuífero. Hoy en día, se cuenta con un modelo hidrogeológico del acuífero de la Colonia Vicente Guerrero, que puede ser utilizado para simular el flujo de agua subterránea.

GEOH-23 CARTEL

CÁLCULO DE BALANCE HÍDRICO Y SU RELACIÓN CON LA TOPOGRAFÍA, UTILIZANDO EL MODELO WRF_HYDRO EN LAS REGIONES MONTAÑOSAS DE GUATEMALA

Quintana Rodríguez Nivian¹, Tereshchenko Iryna¹,
Gorokjovich Yuri² y Montes Aréchiga Jorge Manuel¹

¹Universidad de Guadalajara

²Lehman College CUNY

nivian8@gmail.com

Las limitantes para obtener datos de humedad del suelo o contenido de agua en el mismo debido a los altos costos de medir directamente en campo, determina que no existan bases de datos de este tipo. Las diferencias en el almacenamiento y disponibilidad del agua en una cuenca están altamente modificadas por las condiciones climáticas y la topografía local (Dyer 2002), de ahí la necesidad de utilizar los modelos balance hídrico para predecir los flujos al interior de los sistemas hidrológicos, modelos que sean capaces de relacionar las características del terreno y las variables meteorológicas, como es el caso del WRF_Hydro, lo cual es importante en la predicción de inundaciones y fenómenos violentos asociados a los flujos de agua.

GEOH-24 CARTEL

IMPACTO DEMOGRÁFICO EN LA HIDROLOGÍA DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN

Ibarra García Daniel Aaron, Amaya Treviño Luciano Daniel y Salinas Jasso Jorge Alán
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
danni_pm@live.com.mx

El Área Metropolitana de Monterrey es el principal centro demográfico e industrial del Norte del país. Once municipios conforman la metrópoli: San Pedro Garza García, San Nicolás de los Garza, Monterrey, Santiago, Guadalupe, Apodaca, Cadereyta Jiménez, Santa Catarina, Escobedo, García y Juárez. El Área Metropolitana de Monterrey agrupa una población aproximada de 4 millones de habitantes en una superficie de 794 km², lo que la sitúa como la tercera urbe más poblada de México. El crecimiento demográfico de la ciudad ha conllevado una demanda y sobreexplotación de los recursos hidrológicos, afectando principalmente los sistemas de acuíferos locales que abastecen las necesidades de la población. Esto ha llevado a considerar planes emergentes de abastecimiento y prospección de recursos hidrogeológicos en regiones fuera de la mancha urbana. Aunado a esto, los problemas de contaminación son intensos y preocupantes, y que principalmente son relacionados con actividades industriales (desechos industriales y médicos, cementeras, pedreras) y de la propia sociedad (tiraderos clandestinos de basura). En este trabajo se presenta una revisión de la situación hidrológica histórica de la región a partir de la documentación del marco geológico e hidrológico regional así como las tasas explotación de acuíferos y su relación con el crecimiento demográfico de la ciudad.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizadores:

Javier Arellano Gil
Enrique Coconi Morales

GP-1

GENERACIÓN DE UN MODELO ESTÁTICO PARA EL CALCULO DE VOLUMEN ORIGINAL

Osorio Erick¹ y Gómez Aviles Erick²¹PEMEX²Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN
eosorios01@pemex.com

La estimación de volumen original de hidrocarburos es un tema fundamental en el campo de la exploración y producción de yacimientos. Los registros geofísicos de pozo se convirtieron en una herramienta esencial para este fin. El presente trabajo muestra una metodología para dicho cálculo a través de diversas herramientas que integran habilidades y conocimientos con el fin de caracterizar un yacimiento y generar su modelo estático así como calcular su volumen original. Esta metodología tiene como objetivo buscar zonas con propiedades petrofísicas idóneas para proponer localizaciones de pozos para el desarrollo óptimo de campo. Los insumos utilizados para esta metodología son; la caracterización estructural de yacimiento a partir de la interpretación sísmica en tiempo y profundidad, los datos de registros geofísicos de pozo convencionales para obtener las propiedades petrofísicas de porosidad, saturación de agua y volumen de arcilla. Con la metodología básica de modelado estático que es: • Integración de información sísmica con pozos • Escalamiento de los registros y propiedades físicas • La distribución espacial de las propiedades con métodos geoestadísticos (Kriging, simulación Gaussiana con redes neuronales) • Cálculo de Volumen Original

GP-2

ANÁLISIS DE RIESGO DE UNA LOCALIZACIÓN UTILIZANDO UN MODELO ESTÁTICO DE UN CAMPO EN DESARROLLO

Osorio Erick

PEMEX

eosorios01@pemex.com

El modelo geocelular de un Campo, que comprende a los yacimientos Jurásico Superior Kimmeridgiano (JSK) y Cretácico (K), se construyó con referencia al datum WGS-84 utilizando los horizontes y allas modeladas a partir de horizontes y fallas proporcionadas por los intérpretes en profundidad; a partir de lo anterior se generó una malla con 6 zonas, con un total de 16,270,800 celdas, utilizando la información de 14 pozos del Campo. La malla conformada queda definida horizontalmente con celdas de 50 x 50 m. El modelo fue poblado utilizando las curvas de propiedades petrofísicas que se obtuvieron de los modelos petrofísicos que se realizaron con el análisis de registros geofísicos de pozos así como con los resultados de los análisis de laboratorio realizados a los núcleos. El yacimiento JSK dado que el modelo geológico por lo regular se crea con celdas pequeñas para lograr un poblamiento acorde a los datos observados en los pozos junto con técnicas de geoestadística, fue necesario crear un modelo burdo para modelar el comportamiento dinámico del campo y ahorrar tiempos de procesamiento. Las propiedades petrofísicas como: porosidad, saturación de agua, NTG fueron escaladas a la malla respetando el poblamiento del modelo estático. El modelo fue poblado utilizando los registros petrofísicos contenidos en los pozos considerados en el modelo, los cuales fueron escalados en la malla, y posteriormente interpolados en el volumen de propiedades. Para la distribución de las propiedades se realizó un análisis estadístico de los datos, un variograma simple cuyo eje mayor es de 4000 m y eje menor de 3500m con una relación vertical que varió de acuerdo a los espesores de las zonas definidas en el modelo estratigráfico. Así mismo la orientación preferencial de esta propiedad respetó la distribución del banco establecida en el modelo sedimentario Utilizando las propiedades petrofísicas pobladas en el modelo tridimensional, el factor de volumen al aceite (Boi) correspondiente al yacimiento y los límites verticales y areales se obtuvieron los volúmenes de hidrocarburos para el Campo.

GP-3

ANÁLISIS DE TAMAÑO DE BLOQUE DEL SISTEMA MATRIZ-FRACTURA EN ANÁLOGOS DE YACIMIENTOS NATURALMENTE FRACTURADOS

Matías Pérez Víctor, Aguilar Madera Carlos Gilberto, Flores Cano
José Valente, Molina Espinoza Lázaro y Briones-Carrillo Jorge Alan
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
yeitoxli@yahoo.com.mx

En yacimientos naturalmente fracturados es de esencial importancia la determinación del tamaño de bloque que forma el sistema matriz-fractura. En este trabajo, se muestra un análisis de los tamaños de bloque a partir de imágenes obtenidas de un análogo a un yacimiento naturalmente fracturado. Este análogo corresponde a un afloramiento de un paquete sedimentario de la formación Cupido, ubicadas en la Sierra Madre Oriental (SMO) al norte de México en el estado de Nuevo León, específicamente en la zona cercana al Cañón de la Huasteca. Determinar una correcta distribución del tamaño de bloque es un parámetro importante puesto que se utiliza como dato en los simuladores de yacimientos petroleros ya que con este se estima la interacción entre el hidrocarburo que existe en la matriz y la fractura.

GP-4

MECÁNICA DE ROCAS A ESCALA DE YACIMIENTOS EN EL LAMG

Cerca Mariano, Carreón Freyre Dora y Levresse Gilles

Centro de Geociencias, UNAM

mcerca@geociencias.unam.mx

El conocimiento del comportamiento mecánico de las rocas y de la litósfera terrestre durante un episodio tectónico depende de las relaciones entre el esfuerzo y la deformación que son obtenidas en experimentos físicos de muestras de rocas. En particular, este tipo de experimentos es de gran interés en el mapa de ruta tecnológica para la implementación de proyectos de uso, captura y almacenamiento geológico de CO₂ en el subsuelo que establece como metas importantes la selección de sitios de prueba. Estos sitios son generalmente acuíferos salinos o yacimientos exhaustos de hidrocarburos, los cuales se encuentran sometidos a presiones de más de 50 MPa y temperaturas que pueden alcanzar los 200 °C. La selección de yacimientos para implementar estas tecnologías se basa en el cumplimiento de criterios específicos sobre las características físicas de las rocas (permeabilidad y porosidad) y su comportamiento mecánico y químico; así como su representatividad de en las condiciones que imperan en el yacimiento de estudio. En México, no existen laboratorios en la academia que puedan hacer este tipo de análisis. Lo más cercano es el Laboratorio de Mecánica de Geosistemas (LAMG) del Centro de Geociencias. Los estudios que se llevan a cabo en el LAMG se realizan principalmente en materiales de baja resistencia (sedimentos y rocas suaves) en condiciones de presión y temperatura muy cercanas a la superficie. La puesta en marcha un laboratorio académico con la capacidad de realizar estudios de Geomecánica en condiciones de yacimiento ha sido apoyado por un proyecto SENER-CONACyT con la adquisición de un sistema de ensayo triaxial para la determinación de las propiedades mecánicas de rocas en condiciones de yacimiento. El equipo adquirido tiene la capacidad de llevar las muestras a 140 MPa de presión confinante y la misma capacidad para la presión de poro, la carga axial que se puede aplicar es de 2600 kN. Adicionalmente tiene un paquete de control de alta temperatura que permite el calentamiento de la muestra hasta 200°C. Este equipo permitirá cumplir con el objetivo del proyecto de implementar las capacidades para el análisis de reservorios para CO₂. En un futuro se espera que este laboratorio se integre con otros para formar parte de un Laboratorio Nacional de Física de Rocas (geomecánica de reservorios y geofluidos).

GP-5

APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PETROFÍSICA Y ANÁLISIS DE NÚCLEOS PARA LOCALIZAR MEJORES ZONAS DE PRODUCCIÓN

Martínez Duarte Marisol¹ y Osorio Erick²¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN²PEMEX

duarte.ipn@gmail.com

Con base en la caracterización petrofísica de un yacimiento de carbonatos del Jurásico Superior Kimmeridgiano se aplicara una metodología con el objetivo de planear el plan de explotación del pozo y emitir recomendaciones para futuros estudios. La finalidad de la metodología se basó en la determinación de la mejor calidad de roca, dicha metodología parte de la evaluación petrofísica por medio de registros geofísicos de pozos convencionales que son los de resistividad, litológicos y rayos gamma aunado con los parámetros petrofísicos de crucial importancia haciendo referencia a la porosidad, permeabilidad, saturación de agua irreducible y volumen de arcilla. Ya realizado esto se prosigue con la interpretación de las presiones capilares dando paso a la gráfica de Winland para la identificación de los distintos tipos de rocas. Después con ayuda de los registros geofísicos de pozos se correlaciona los núcleos obtenidos del pozo en conjunto con el análisis de láminas delgadas para llegar al análisis de la gráfica de Lorenz. Finalmente se delimita las zonas con mejor calidad de roca para proponer su desarrollo mas optimo.

GP-6

EVALUACIÓN Y EXPECTATIVA DE LOS YACIMIENTOS DE HIDRATO DE METANO EN MÉXICO Y EN EL MUNDO

Lozano Guajardo Víctor Jesús y Flores Cano José Valente

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

victorjrg@gmail.com

Los hidratos de gas son sólidos cristalinos compuestos de agua y gas, también se les conoce como clatratos. Las moléculas de gas son atrapadas en cavidades formadas por moléculas de agua bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. En los últimos años se ha incrementado el número de investigaciones realizadas sobre los hidratos de gas ya que el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) estima que hay más reservas de carbón orgánico en el mundo como hidratos de metano que todas las otras formas de combustibles fósiles combinados. Los estudios sugieren que existen reservas evaluadas en 20,000 trillones de metros cúbicos de metano que se encuentran atrapados en los hidratos. Dentro de los yacimientos de hidratos de metano más importantes se encuentra Messoyakha en Siberia, y en el

Golfo de México se han encontrado aproximadamente 450,000 km² que poseen las condiciones de presión y temperatura adecuadas para la estabilidad de los hidratos. Los estudios demuestran que existen aproximadamente 20,000 trillones de metros cúbicos de metano en el mundo, de los cuales entre 315 y 975 trillones de m³ corresponden al Golfo de México. Estos resultados fueron obtenidos por la empresa petrolera Chevron y el Departamento de Energía de EUA. El futuro de los hidratos de metano es altamente prometedor ya que son considerados el próximo recurso energético en el mundo. Las actuales investigaciones de los hidratos de metano son encaminadas a una explotación económicamente rentable y el mejoramiento de la eficiencia en las técnicas de extracción y así potenciar la recuperación de los hidratos. Los países que actualmente han desarrollado mayores avances en el estudio de los hidratos de metano en cuanto a formación, estabilidad, simulación, extracción y modelado son EUA, Canadá, Japón e India; y América Latina, Chile y Venezuela han aportado grandes resultados en el área de los hidratos de metano, especialmente en la búsqueda y comportamiento de este tipo de yacimientos. El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la viabilidad de explotación que tiene este recurso energético por medio de los estudios realizados por distintos investigadores y empresas de diferentes partes del mundo. Con base en los resultados obtenidos de la explotación de los yacimientos de hidratos de metano se plantearán dos posibles escenarios de acumulación de hidratos de gas a través de un simulador comercial denominado STARS. El simulador STARS es un modelo trifásico, multicomponente y térmico para yacimientos convencionales de petróleo pesado, desarrollado por Computer Modeling Group (Canadá), el cual se adaptó para analizar el comportamiento de este tipo de yacimientos no convencionales así como también los resultados conseguidos.

GP-7

EVOLUCIÓN TÉRMICA DE LA CUENCA DE SABINAS CON ÉNFASIS EN LA FORMACIÓN EAGLE FORD (CENOMANIANO-TURONIANO), COMO PRODUCTORA DE GAS NO CONVENCIONAL

González Betancourt Aurea Yahaira y González Partida Eduardo
Centro de Geociencias, UNAM
aurea_1992@hotmail.com

Desde la crisis energética mundial de la década 70 ocurrió un cambio en la visión de exploración y explotación de hidrocarburos a nivel global, llevando a la búsqueda de nuevas reservas de hidrocarburos en zonas más inaccesibles y abriendo paso al estudio de yacimientos "no convencionales". Las lutitas son rocas sedimentarias de permeabilidad extremadamente baja que comúnmente se consideran una barrera natural para la migración de fluidos como; petróleo, gas, agua, etc., por lo que funcionan como yacimientos no convencionales. Es importante entender que los yacimientos de gas convencionales son aquellos en los que el gas migra hasta que se acumula en una trampa estructural o estratigráfica mientras que, en los yacimientos no convencionales como las lutitas gasíferas, actúan como roca madre y como roca almacén debido a la baja permeabilidad que impide la migración de fluidos en las condiciones favorables. En México existen varias formaciones geológicas compuestas por lutitas ricas en materia orgánica, por lo cual es necesario "re-considerarlas" como potenciales productores de gas. Entre estas formaciones se encuentra la Formación Eagle Ford (Cenomaniano Superior-Turoniano) que es considerada el objeto de estudio en este trabajo. Su distribución en México abarca la Cuenca de Sabinas, Coahuila, la paleo-península de Tamaulipas, así como el borde de la Cuenca de Burgos al norte de Nuevo León y se extiende hacia el noreste a Texas, E.U.A. El ambiente de depósito representa un sistema transgresivo depositado en un ambiente nerítico-medio. Se ha considerado anteriormente a esta Formación como roca generadora con valores de carbono orgánico total de 0.5 a 1% de un sistema de hidrocarburos no convencional. En México, no se conocen estudios que prueben que la Formación Eagle Ford haya alcanzado la madurez térmica para generar gas, por lo que este trabajo pretende comprobar si la Formación Eagle Ford alcanza la suficiente madurez térmica como para ser considerada productora de gas, realizando descripciones de muestra de mano, petrografía, geoquímica (NITON) y estudios de inclusiones fluidas. Además, se pretende corroborar si la madurez térmica fue similar en el interior de la Cuenca de Sabinas como por encima de la paleo-plataforma Burro-Peyotes. En este trabajo se presenta una estratigrafía detallada de la Formación Eagle Ford con base en tres columnas ubicadas en el centro de la cuenca y sobre la paleo-plataforma Burro-Peyotes, un mapa con las posibles zonas contenedoras de gas, en el cual se descartan áreas con pérdida de gas por cuestiones naturales y un modelo térmico con base en las inclusiones fluidas. La Formación Eagle Ford se conforma localmente por lutitas calcáreas carbonosas, con estratificación laminar que alternan calizas arcillosas (mudstone- wackestone). A la base el contacto con la Formación Buda es concordante y tajante mientras que a la cima el contacto con la Formación Austin es concordante y transicional. De manera preliminar las temperaturas de homogenización máximas que alcanzo esta formación fueron 124°C alcanzando solo la ventana del petróleo.

GP-8

IMPORTANCIA DEL MODELO GEOLÓGICO EN PROYECTOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO

Arellano Gil Javier, Paez Orozco Paolo Gabriel y Barragán Gasca Fanny Astrid
Facultad de Ingeniería, UNAM
arellano@unam.mx

La mayoría de los campos petroleros productores de hidrocarburos líquidos de la Cuenca Salina del Istmo se encuentran en una etapa de explotación avanzada, por lo que en las últimas dos décadas han tenido un importante declive en su producción, sin embargo, contienen aceite residual que se puede recuperar mediante la implementación de métodos de recuperación mejorada que sean económicamente viables; estos consisten en la inyección de fluidos de diversa composición química que no están presentes en el yacimiento, o que se encuentran en el yacimiento pero además son inyectados a condiciones específicas con el fin de alterar el comportamiento físico-químico de los fluidos y permitir la extracción de hidrocarburos, que por métodos convencionales no se podrían obtener de manera económica. Para lograr buenos resultados se requiere de disponer de un buen modelo geológico soportado por trabajo de campo, de métodos geofísicos y de información suficiente de ingeniería petrolera. Los principales parámetros que se toman en cuenta son la estratigrafía, la geología estructural, la evolución geológica y el sistema petrolero, además de la temperatura, viscosidad, permeabilidad, porosidad, profundidad y el tipo de hidrocarburo. El sistema petrolero se constituye de lutitas calcáreas y calizas arcillosas bituminosas como rocas generadoras del Oxfordiano y Tithoniano; las rocas almacén como cuerpos arenosos del Mioceno de diferentes facies, resaltando las secuencias turbidíticas donde se ubican los canales y lóbulos; las rocas sello son principalmente horizontes arcillosos del Mioceno y Oligoceno. Toda la secuencia ha sido afectada por varias fases de deformación, siendo la tectónica salina la más importante, la que dio como resultado trampas subsalinas y sobresalinas relacionadas con domos, diapiros y canopies. Las alternativas viables para incrementar el factor de recuperación de hidrocarburos líquidos a más de un 40% del volumen original desde el punto de vista técnico y económico, es en primer lugar la implementación sistemática de inyección de agua alternada con gas (WAG). Consiste en introducir en secuencia CO₂ con agua, con el objetivo de incrementar la eficiencia del barrido del aceite; la inyección de CO₂, al ser introducido al yacimiento disminuye la viscosidad del aceite y lo desplaza de manera miscible. La segunda alternativa es por procesos térmicos, que tienen la finalidad principal de disminuir la viscosidad del aceite para incrementar su movilidad a través de los poros mediante la transmisión de calor ocasionada por la inyección de vapor, aire o agua caliente. Se recomienda que con base en el modelo geológico y de ingeniería petrolera se implementen estos métodos de recuperación mejorada para los bloques más grandes que se encuentran dentro los campos maduros de la cuenca, donde se tiene aceite residual susceptible de explotarse con rendimiento económico.

GP-9 CARTEL

HISTORIA, FUNDAMENTOS, GENERALIDADES Y USOS DE LAS HERRAMIENTAS DE LA COMPUTACIÓN APLICADAS A LA EXPLORACIÓN PETROLERA MÁS DESTACADAS PARA EVALUAR UN PROYECTO

Barragán Gasca Fanny Astrid¹ y Arellano Gil Javier²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM FI

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
fastrid.barragan@gmail.com

Esta ponencia tiene la finalidad de exponer de manera didáctica las aplicaciones del software y las herramientas tecnológicas que se usan para la toma de decisiones para de perforar un yacimiento de interés comercial y científico; Esta conferencia se enfoca en dar a conocer el desarrollo de la industria del petróleo con los fundamentos geológicos en alianza con la geofísica y nombrar los softwares más importantes al momento. Las herramientas de computación aplicada a la exploración petrolera son importantes porque ayudan a la interpretación y visualización de manera rápida y precisa del sistema petrolero, se caracterizan por el uso de software y hardware de tecnología de punta, permiten el uso de una gran cantidad de datos que simulan procesos geológicos, térmicos y de flujo de fluidos en las cuencas sedimentarias a través del tiempo, mejoran los modelos que contribuyen a incrementar la producción de hidrocarburos, optimizan los trabajos de exploración y explotación petrolera, dan oportunidad de elaborar otras herramientas que agilizan el trabajo y transforman la manera de interpretar con mayor detalle la geología del subsuelo, abren oportunidades para el desarrollo de la industria petrolera.

GP-10 CARTEL

MODELO MATEMATICO APLICADO PARA LA ESTIMACION DEL NIVEL DE DESPUEGUE EN EL BLOQUE INES-MONCLOVA EN EL ESTADO DE COAHUILA

Hernández Rosales Alberto, Farias Gonzalez Miguel Angel y Almaguer Carmenates Yuri
Universidad Autónoma de Coahuila, UADEC
 alberto_hernandez@uadec.edu.mx

Las formaciones rocosas se encuentran formando capas. Los pliegues en las rocas pueden estar causados por deformaciones de compresión. En pliegues simples, denominados deformaciones anticlinales, cuando se comprimen las capas inferiores, ocurren fracturas que empujan a la roca más arriba de su nivel de formación original (denominado nivel de datos referencia). Los hidrocarburos pueden quedar atrapados en la parte del pliegue donde ocurre la fractura. Existe un nivel más abajo del cual no ha ocurrido compresión, por lo que no hay fractura y por lo tanto no hay hidrocarburos. Este nivel se denomina nivel de desprendimiento o nivel de despegue. Es de interés estimar la profundidad del nivel de despegue, ya que una compañía petrolera puede concluir razonablemente si sería o no económico hacer una perforación más profunda para encontrar hidrocarburos. Si se supone que un pliegue tiene una sección transversal uniforme, la conservación del volumen de la roca implica que el área de la roca arriba del nivel de referencia debe ser igual al área de la roca comprimida. Así $S = Dh$, donde h es la profundidad del nivel de despegue y D se denomina desplazamiento de acortamiento. Usando imágenes sísmicas y correlaciones de pozos se producen secciones transversales, los geólogos pueden aproximar el área de exceso (S) arriba del nivel de referencia en varios puntos del pliegue. Un método reciente, propuesto por Epard y Groshong (1993) para estimar tanto la profundidad del despegue como el desplazamiento de acortamiento. El proceso incluye la medición de las áreas de exceso y la medición de la profundidad de algún nivel de referencia fijo arbitrario. La relación entre el área de exceso y la profundidad del nivel de referencia será lineal y, de hecho, será solo una traslación de la recta que relaciona el área de exceso con la profundidad del despegue. De esta forma, la pendiente de la recta será aproximadamente D , el desplazamiento de acortamiento. La profundidad del despegue corresponderá será dada cuando el área de exceso es 0 (cero) ya que no hay compresión justo abajo de este nivel y, por lo tanto, ninguna roca fue empujada hacia arriba. Se pretende ver si el método de Epard y Groshong para estimar el nivel de despegue se aplica en la zona del anticlinal Bloque Inés-Monclova ubicado en el Estado de Coahuila, ya que en este anticlinal se encuentran las formaciones La Gloria, La Casita, Austin, Menchaca y Barril Viejo las cuales son prospectaras de hidrocarburos (gas y aceite). Dicho método arrojo como resultado la recta $S=0.9410 h-2.1086$ por lo que se dedujo que esta estimación no arrojaba la verdadera profundidad del despegue por esta razón este método no es aplicable en esta zona.

GP-11 CARTEL

PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO DINÁMICO EN NÚCLEOS PARA LA RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO PESADO EN ROCAS CALCÁREAS DEL BLOQUE ALTAMIRA DENTRO DE LA CUENCA TAMPICO – MISANTLA

Palomares Rocha Luis Gerardo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
 luis.palomares@ipicyt.edu.mx

En la actualidad el aceite no convencional suma casi el 70% de todos los recursos petrolíferos conocidos y accesibles en el mundo, en México el 56% de las reservas 3p corresponden a tales crudos pesados. Así mismo los Yacimientos Naturalmente Fracturados (YNF) cobran mayor importancia debido a que aportan más del 80% de la producción de hidrocarburos a nivel nacional y más del 50% a nivel mundial. Por tal motivo en el marco de un proyecto CONACYT-SENER-Hidrocarburos 186291, se desarrollaron pruebas de desplazamiento dinámico en núcleos de roca calcáreo-arcillosa de doble porosidad. Esto con el fin de estimar y evaluar el porcentaje de recuperación esperado en una prueba de recobro terciaria por medio de la inyección de vapor de agua y el uso de un mejorador de flujo KAXAN/ICPD para disminuir la viscosidad del crudo y aumentar así el factor de recuperación. Se llevaron a cabo pruebas de desplazamiento dinámico en núcleos de la Formación Agua Nueva (Cretácico superior) pertenecientes al bloque Altamira con porosidades de 14-16% y permeabilidades de matriz de 0,007-0,009 mDa, cuya matriz micrítica arcillosa muestra presencia de microfracturas parcialmente selladas por cemento esparítico. Se utilizó en ambas pruebas petróleo crudo extra pesado proveniente de un pozo cuya viscosidad a 60°F es de 580,000 cP. En la primer prueba se utilizó dicho crudo, logrando saturar el núcleo con petróleo después de varios intentos a diferentes temperaturas, de 43-130°C, y presiones arriba de los 5000 psi en promedio, así como de un tiempo de inyección de más de 360 horas. El segundo experimento se realizó con este crudo más un mejorador de flujo KAXAN/ICPD para el aumento de la movilidad y reducción de la viscosidad de hasta 90%, logrando saturar el núcleo con petróleo a una sola temperatura de 43°C y un aproximado de 200 horas de inyección. En esta prueba se pudo realizar el desplazamiento de dicho petróleo mejorado por medio de la inyección de agua y de vapor, obteniendo así un factor de recuperación aparente y las respectivas curvas de permeabilidad relativa del sistema roca-fluido.

GP-12 CARTEL

FLUJO EN UN MEDIO POROSO HETEROGÉNEO

Mandujano Sánchez Francisco Javier, Málaga Carlos y Vázquez Edgar
Facultad de Ciencias, UNAM
 frmas@ciencias.unam.mx

Se presentan simulaciones numéricas para el flujo en un medio poroso con una permeabilidad vectorial para introducir la heterogeneidad. En vista que en muchos casos la matriz está estratificada en capas, se supone una permeabilidad diferente en la dirección horizontal que en la vertical. Se utiliza un modelo de conservación de volumen junto con una descripción en derivada materiales, con lo que se tiene una ecuación de difusión no lineal para el campo de presión. Se presentan algunos resultados para una sola fase en presencia de fuentes y sumideros para fluidos compresibles e incompresibles. Este trabajo esta parcialmente financiado por el proyecto PAPIIT IN115216.

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizadores:

Miguel Morales Gámez

Rosalva Pérez

Juan Contreras

Ismael Yarbuh

GET-1

ANÁLISIS MORFOTECTÓNICO DE LA SIERRA SANTA ROSA, COAHUILA

Almaguer Carmenates Yuri, Batista Rodríguez José Alberto, Ponce Argumedo José Carlos y Gutiérrez González Alondra Rubí
Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UAdC
y_almaguer@uadec.edu.mx

Se realiza un análisis morfotectónico de la sierra Santa Rosa, representante de las deformaciones laramílicas en la Cuenca de Sabinas. El estudio de esta sierra se basa en la interpretación de varios mapas morfométricos del relieve, derivados del modelo digital de elevaciones (MDE) a escala 1:50 000, tales como el mapa de red fluvial, divisorias de las aguas, pendientes e isobasitas de 2do al 5to orden, así como la disección vertical y horizontal del relieve. En este estudio también se utiliza la interpretación de una imagen Landsat para la identificación de depósitos de pie de monte. Como resultados se obtiene que la sierra Santa Rosa, conformada por un anticlinal asimétrico, buzante y con vergencia al SO, está cortada por sistemas de fallas, con dirección NE-SO y NO-SE, asociados a diferentes regímenes tectónicos. El sistema NO-SE, se vincula a la falla inversa El Cedral, presentando la misma dirección y espacialmente se ubican en la vertiente NE de la sierra; este sistema está cortado y desplazado por el sistema NE-SO, es el más antiguo y se presume esté relacionado a los esfuerzos compresivos regionales vinculados a la Orogenia Laramide. El sistema NE-SO, es el más reciente, y su génesis se estima esté vinculada a esfuerzos tensionales. Este sistema manifiesta dos tipos de indicadores de desplazamientos, uno por el buzamiento, más antiguo, y uno lateral izquierdo más reciente. El primero provoca una configuración escalonada a la sierra y puede estar asociado a movimientos diferenciales de bloques del basamento de la cuenca; el segundo corta y desplaza el sistema NO-SE, y puede relacionarse a una gran zona de cizalladura siniestra que provoca la deformación de la sierra, dándole una configuración sigmoidal a la misma. Asociados a las zonas de fallas se identificaron depósitos coluviales, indicando la inestabilidad geodinámica, derivado de la evolución tectónica de la sierra.

GET-2

ANÁLISIS GEOMÉTRICO Y CINEMÁTICO DE PLIEGUES RELACIONADOS A FALLAS EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL: ANÁLOGOS DE TRAMPAS DE HIDROCARBUROS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ruiz Cantu Sahid Abdel, Chávez Cabello Gabriel, Medina Barrera Francisco, Alva Niño Efraín y Chapa Guerrero José Rosbel
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
abdelcantu@hotmail.com

El entendimiento de los grandes yacimientos de hidrocarburos que se encuentran en México será siempre un trabajo de esfuerzos continuos para la industria de los hidrocarburos. Los retos que actualmente presenta esta industria hacen necesario que exista un aporte continuo de información, permitiendo esto que se trate de dar una solución pronta y eficiente a los problemas que esta enfrenta. Estudiar y comprender estructuras geológicas que representan análogos de las grandes trampas de hidrocarburos del país, es siempre una manera efectiva de aportar información al actual aprendizaje por el cual atraviesa la industria petrolera. Actualmente, se realiza la caracterización de una cadena de pliegues análogos a trampas de hidrocarburos del Golfo de México, cerca de la localidad de Rayones, Nuevo León, dentro del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental. El estudio de esta cadena de pliegues es llevado a cabo mediante la generación e interpretación de un mapa geológico, desarrollado a partir de diferentes campañas de exploración, así como un estudio preliminar de los mapas ya existentes de la zona. El área presenta estructuras de tipo sinclinal y anticlinal, las cuales se ven afectadas por la presencia de diferentes sistemas de fallas laterales dextrales; se reconoce también la presencia de una cabalgadura principal que recorre la zona con una orientación NW – SE. Se han cartografiado cuerpos de yesos, los cuales sobreyacen a paquetes sedimentarios con edades Cretácico Superior, lo cual podría sugerir un evento relacionado al ascenso de yesos en la zona. Mediante el desarrollo de diferentes secciones geológicas, es posible visualizar el comportamiento de los cuerpos de yesos y corroborar, de manera preliminar, que la estructura principal en la zona puede tratarse de un pliegue nucleado por rocas evaporíticas, teniendo entonces un sistema de acortamiento sin estructuras preexistentes pero con la presencia de grandes paquetes de rocas evaporíticas en profundidad. El comportamiento de los esfuerzos principales en la zona jugó un papel importante, pues condicionó el comportamiento de los cuerpos evaporíticos, por lo que se analizó un número importante de sistemas de fracturas empleando el programa Stereonet, con el objetivo de determinar la dirección de paleoesfuerzos, y proponer un modelo geológico que explique la evolución estructural de las estructuras geológicas principales del área de estudio y su relación con los cuerpos evaporíticos que las cortan. El área presenta rocas sedimentarias con edades que van desde el Oxfordiano hasta el Maastrichtiano, las cuales se vieron afectadas por el evento orogénico Sevier-Laramide (80 Ma); esto generó un tren de sinclinales y anticlinales en el área, los cuales, según las direcciones de paleoesfuerzos determinadas, predomina una dirección NE del esfuerzo principal (#1).

GET-3

MECHANICAL STABILITY MODEL OF PROGRADATIONAL CARBONATE PLATFORM MARGINS UNDER TECTONIC LOADS: DEFORMATION OF CRETACEOUS CARBONATE PLATFORMS IN THE SIERRA MADRE ORIENTAL FOLD-THRUST BELT (EAST CENTRAL MEXICO)

Contreras Juan¹ y Suter Max²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Independent scholar
juanc@cicese.mx

Shortening in the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt (east central Mexico) is localized along the margins of Cretaceous carbonate platforms and controlled by mechanical stratigraphy. The platform margins are deformed by imbricate series of thrust ramps, whereas the coeval basins and platform interiors are deformed by map-scale detachment folds. Here we present a finite element model to evaluate the influence of the boundary geometry and boundary conditions on the style of deformation observed at these basinward progradational platform margins. We calculate the stress distribution in a linearly elastic platform-basin transition zone under the action of horizontal tectonic stress, taking into account changes of rock mechanical properties across the platform margin, as well as their dependence on direction, and infer the resulting fracture patterns based on the Mohr-Coulomb failure criterion. Stress concentrations are predicted at the contacts between the massive rocks of the platform margin and the well-layered rocks of both, the platform interior and the adjacent basin. Brittle failure of the platform border can be mostly attributed to three effects: mechanical coupling between the carbonate platform and a substratum of moderate to low viscosity, variations in layering and texture that governed the mechanical properties of the involved carbonates as well as their dependence on direction, and the development of sharp domain boundary corners associated with progradational facies changes. In contrast, the dip of the basement and a possible taper of the overlying Upper Cretaceous shale toward the basin appear to have little influence on the mechanical failure of the platform margin.

GET-4

PLIEGUES Y FALLAS EN EL NORTE DE ZACATECAS: ESTILO Y EDAD DE LA DEFORMACIÓN DE COBERTURA Y FALLAS DEL BASAMENTO

Chávez Cabello Gabriel¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Fitz Díaz Elisa², Méndez Delgado Sóstenes¹ y Chapa Guerrero José Rosbel¹
¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
²UNAM
gabchavez2001@yahoo.com.mx

En la región Norte de Zacatecas, el Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM) está constituido por estructuras relacionadas con dos estilos distintos de deformación contraccional. El estilo más antiguo está representado por pliegues y fallas asociadas a deformación de cobertura (thin-skinned tectonics), que constriñen a un oroclinal regional aquí denominado Saliente de Concepción del Oro. Datos paleontológicos de sedimentos sin-orogénicos y geocronología U-Pb en zircones de intrusivos sin- y post-tectónicos que afloran en la región, han permitido constreñir la edad de esta deformación de cobertura como Turoniano tardío-Campaniano tardío/Maastrichtiano temprano. Las estructuras de cobertura son cortadas casi perpendicularmente por lineamientos semi-regionales con dirección NNW-SSE, que delimitan a bloques con relieves estructurales distintos. Dichos lineamientos son aquí interpretados como fallas de basamento re-activadas durante deformación contraccional (thick-skinned tectonics), similares a las estructuras que constriñen a la provincia Laramide de Estados Unidos de América. Rocas sedimentarias clásticas, volcánicas y rocas volcánicas depositadas o emplazadas en las cuencas que bordean a dichos bloques experimentaron basculamiento y plegamiento durante la re-activación de las fallas; su fechamiento U-Pb en zircones ha permitido interpretar que en esta región del CPCM ocurrió deformación de piel gruesa entre el Eoceno tardío y Oligoceno temprano. Lo anterior es de suma importancia en la interpretación de la evolución tectónica del CPCM, ya que representa la primera zona en el NE de México, donde se ha identificado y fechado a los dos estilos de deformación.

GET-5

CRECIMIENTO DE PLIEGUES Y DESARROLLO DE SUPERFICIES DEPOSITACIONALES EN EL CINTURÓN PLEGADO DE LAS CRESTAS MEXICANAS, GOLFO DE MÉXICO

Yarbu Ismael¹, Contreras Juan² y Lotero Andrea²
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
uyarbu@uabc.edu.mx

En sistemas compresionales como el cinturón plegado de las Crestas Mexicanas, en el occidente del Golfo de México, los procesos de deformación, difusión de

masa y sedimentación se encuentran íntimamente relacionados. De los análisis de exceso de área se logró estimar el acortamiento, el comienzo de la deformación y la degradación del fondo marino de este cinturón de aguas profundas. A partir de análisis de Fourier, se pudo observar que la deformación se encuentra concentrada en dos longitudes de onda dominantes, formando un paquete de ondas que modula el crecimiento de los pliegues a lo largo del cinturón. De este análisis se pudo derivar que: (i) el grado de amplificación de los pliegues escala con la profundidad del nivel de despegue y la distorsión, (ii) la tasa de crecimiento de los pliegues es función de la longitud de onda, (iii) la selectividad de la longitud de onda se incrementa a mayor distorsión, y (iv) la deposición de estratos de crecimiento es función de la longitud de onda. A diferencia de estudios anteriores, se pudo definir una progresión del cambio de forma de los pliegues en función del parámetro fundamental de distorsión. Inicialmente las estructuras crecen por rotación de los flancos y por la amplificación selectiva de una longitud de onda dominante que forma pliegues sinusoidales suaves. Cuando la distorsión aumenta, formas de onda más complejas se desarrollan de manera espontánea y modifican la forma de los pliegues, transfiriendo su masa de los sinclinales hacia los anticlinales. Además, los flancos dejan de rotar cuando alcanzan ángulos entre 35° y 45° , y la amplificación de los pliegues se logra mediante migración de la charnela, lo que resulta en el desarrollo de pliegues Cuspados-lobados. En este trabajo se presenta, además, un modelo numérico que simula la evolución cinemática de pliegues de despegue e incorpora la dinámica de los diferentes flujos de masas superficiales asociados con el proceso de deformación. En este modelo el flujo de sedimentos aumenta rápidamente cuando la pendiente se aproxima a un valor crítico $\#c$, el cual representa la inclinación en el que se desarrollan movimientos de masa superficial episódicos, tales como avalanchas granulares. Cuando $\#c$ es alto, el sistema es dominado por difusión lineal y se desarrollan estructuras suavizadas con crestas redondeadas. En contraste, cuando $\#c$ es bajo, el sistema es dominado por difusión no lineal y se forman pliegues con laderas rectas y crestas con mayor curvatura. En este caso también se desarrollan superficies de erosión que forman autociclos como respuesta a la dinámica interna de erosión/sedimentación. El modelo propuesto en este trabajo sugiere que la aparición de estos autociclos en el registro sedimentario sin-tectónico depende de la relación entre las escalas de tiempo y longitud características del sistema sedimentario y de la periodicidad e intensidad de las perturbaciones climáticas y/o tectónicas al sistema.

GET-6

PLIEGUES DE DESPEGUE ACOFRADOS Y SU RELACIÓN CON LA FORMACIÓN DE CAMPOS GIGANTES EN EL FRENTE DE DEFORMACIÓN DE CINTURONES PLEGADOS

Borges Santana Oscar
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
oborges89@gmail.com

Los cinturones plegados son estructuras producto de fuerzas tectónicas compresivas o por acción de la gravedad y se presentan en cuencas antepaís, en el trasarco de márgenes convergentes, así como en ambientes de plataforma de márgenes pasivos. Estos ambientes geológicos son económicamente atractivos ya que reúnen condiciones ideales para generar y almacenar hidrocarburos. Se diseñó un modelo físico para explicar la formación de pliegues acofrados en dos dimensiones, uno de los elementos estructurales fundamentales de cinturones compresionales. El modelo presentado en este trabajo incluye la física del plegamiento y la termocinética de primer orden de la generación de hidrocarburos. Los resultados de las simulaciones realizadas con el modelo muestran que este es capaz de generar acumulaciones de hidrocarburos si las condiciones de frontera y las propiedades materiales son las adecuadas. Esto significa que la maduración de la materia orgánica está fuertemente controlada por las condiciones de frontera. El modelo muestra que la generación de hidrocarburos es sensible a la velocidad de contracción, V_c , y al flujo de masa superficial, así como también al flujo de calor. Los resultados de la experimentación numérica son de relevancia para la exploración de hidrocarburos en cinturones plegados compuestos de unidades gruesas competentes con tendencia a deformarse por fallamiento de despegue.

GET-7

ACERCA DE ANOMALÍAS TÉRMICAS EN CINTURONES PLEGADOS DE AGUAS PROFUNDAS

Morales Bringas Juvenino¹ y Negrete Aranda Raquel²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Departamento de Geología, CICESE
moralesj@cicese.edu.mx

Los cinturones de pliegues y cabalgaduras se forman por efecto de esfuerzos tectónicos compresivos y/o deslizamiento gravitacional. Estas estructuras se presentan en cuencas antepaís y en el trasarco de márgenes convergentes, así como en ambientes de plataforma de márgenes pasivos. Aparte, pueden generar valores altos de flujo de calor y pueden ser consideradas como oportunidades exploratorias en la industria geotérmica y petrolera. Para simular un proceso de plegamiento se consideró que la roca se comporta como un material deformable incompresible y su cinemática se rige por la ecuación de conservación de masa y Navier--Stokes. La ley de Fourier describe el transporte de calor por conducción y su magnitud depende de la conductividad térmica de la roca y el gradiente térmico.

El calor generado por fricción en una falla depende de su longitud, la velocidad de deslizamiento y la presión ejercida sobre la falla. A partir de la ecuación de Athy se calculó el cambio de porosidad con respecto a la profundidad; después, se utilizó la correlación de Kozeny--Carman y la escala granulométrica de Udden--Wentworth para obtener la permeabilidad. Una vez obtenido esto, se calculó la velocidad del fluido en un medio poroso a partir de la Ley de Darcy, el cual impulsa el transporte de calor por convección. Los resultados muestran que el transporte de calor por conducción es más efectivo en el núcleo del pliegue ya que es una zona de alta conductividad térmica debido a su baja porosidad. El transporte de calor por convección es más eficiente en las zonas más permeables de fallamiento; por otra parte, valores altos de flujo de calor conductivo se concentran en los flancos y en la cresta del pliegue.

GET-8

IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS Y SU EVOLUCIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA EN LAS CUECAS PETROLERAS DEL SURESTE DE MÉXICO

Arellano Gil Javier, Brito Schulz Mariel, Ramírez Terrones Brenda y Barragán Gasca Fanny Astrid
Facultad de Ingeniería, UNAM
arellano@unam.mx

En las cuencas petroleras del sureste de México la principal producción de hidrocarburos se obtiene de carbonatos naturalmente fracturados en trampas estructurales producto de varias fases de deformación, por lo que se tienen pliegues, domos, diapíros y canopies; además de numerosas fallas normales, inversas y laterales, que propiciaron en las secuencias de mayor competencia mecánica ocurriera abundante fracturamiento. Por su nivel de explotación, la mayoría de yacimientos se encuentran en una fase madura, por lo que la producción está en declinación, sin embargo, contienen aceite residual susceptible de explotarse con rendimiento económico mediante técnicas de recuperación mejorada, que implementándose adecuadamente incrementarían el factor de recuperación de aceite a más de un 40%, lo que se puede lograr con la inyección de fluidos en condiciones específicas con la finalidad de alterar las propiedades físico-químicas del yacimiento y lograr la extracción remanente de los hidrocarburos al restaurar la presión del yacimiento y propiciar el desplazamiento de los fluidos hacia los pozos productores. Las técnicas de recuperación mejorada resultan con mayor éxito si se conoce integralmente el modelo geológico y si se dispone de información de ingeniería de yacimientos, por lo que, para el primer aspecto, es fundamental conocer las fases de deformación y los estilos estructurales predominantes que tienen relación con el sistema petrolero. En las cuencas del sureste se tienen los siguientes cinco eventos que explican la gran complejidad estructural: el primero es resultado de esfuerzos que causaron extensión durante el Triásico-Jurásico Medio y formaron fallas normales con rumbo Norte-Sur; en conjunto constituyen horst y grabens que afectan el basamento y que configuraron la geometría de la cuenca rift del proto Golfo de México. El segundo fue producto de esfuerzos de compresión del Cretácico Tardío, lo cual provocó el basculamiento de los bloques, fallas inversas y pliegues con diversas geometrías. El tercero ocasionó deformación durante el Oligoceno-Mioceno, provocando la formación de pliegues, domos, diapíros, canopies y fallas normales; la Orogenia Chiapaneca formó un conjunto de sierras que al erosionarse propiciaron el depósito de sedimentos terrígenos; la gruesa secuencia acumulada en las cuencas marinas origina que por la presión de sobrecarga se desarrollaran fallas normales y un incremento de la deformación causada por el movimiento de sal, por lo que se creó una cadena plegada y cabalgada con intrusión salina. El cuarto evento dio lugar a una serie de fallamientos normales y de crecimiento que propiciaron el desarrollo de las cuencas de Macuspana y Comalcalco. Durante el Mioceno-Plioceno, ocurrieron esfuerzos que originaron deformación por extensión que dieron lugar a un sistema de fallas normales listricas que delimitan las cuencas que se extendieron hacia el mar; esto generó una topografía muy irregular que condicionó la geometría de los depósitos que se relacionan con las secuencias del Cenozoico Tardío. El quinto evento se caracteriza por altos y bajos estructurales separados por fallas laterales que afectan a las estructuras generadoras anteriormente y que originaron varios bloques en donde se encuentran yacimientos a los que se les puede implementar recuperación mejorada.

GET-9

SSLIPO, SLICKEN Y TRUSLIP: SOFTWARE PARA LA ASIGNATURA DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Alaniz-Álvarez Susana Alicia¹, Nieto-Samaniego Ángel Francisco¹, Xu Shunshan¹, Nieto-Fuentes Ricardo², Xu Hong³ y Álvarez del Castillo Alejandra¹
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.
³The University of Utah
alaniz@geociencias.unam.mx

En este trabajo se presenta el software que hemos desarrollado en el Centro de Geociencias para la enseñanza de diversos conceptos relacionados con la deformación y el campo de esfuerzos. Slicken (Xu et al., 2017, Computer & Geosciences, 104, 158-165) es un programa desarrollado en Java que sirve para

calcular la dirección de deslizamiento de una fractura a partir de un campo de esfuerzos no andersoniano determinado por el usuario. La dirección del movimiento se asume que es la misma que el esfuerzo de cizalla máximo resultante sobre el plano. Sslijo (Álvarez del Castillo et al., 2017, Computer & Geosciences, 104, 84-92) se utiliza para generar diagramas de compatibilidad cinemática, es decir estereogramas con los polos de planos separados cada 10°, mostrando la dirección del movimiento que tendrán los bloques de piso bajo un campo de esfuerzos no andersoniano determinado por el usuario. Además, calcula las magnitudes de los vectores tracción, normal (sn) y de cizalla (t) resueltos sobre un plano determinado por el usuario, estos datos sirven para calcular la tendencia al deslizamiento (t/sn) y la tendencia para la migración de los fluidos (l/sn). TruDisp (Nieto-Fuentes, et al., 2014, Computer & Geosciences 64, 35-40) calcula automáticamente el desplazamiento neto de una falla. Los datos de entrada para TruDisp son el echado de la falla, los ángulos pitch de los marcadores de la estría y la separación del marcador. La dirección de movimiento y el desplazamiento neto de las fallas son de los parámetros más importantes en la docencia y en la aplicación de la Geología Estructural, pero hasta la fecha habían sido difíciles de obtener por lo tedioso de los cálculos.

GET-10

ANÁLISIS MEDIANTE MODELOS ANALÓGICOS DEL SISTEMA DE CUENCAS TIPO PULL-APART EN LA PARTE SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Valdez Barrera Lenin Ivan y Cerca Mariano
Centro de Geociencias, UNAM
lenin_valdez@outlook.com

En la parte sur del Golfo de California se encuentra un sistema de cuencas tipo pull-apart asociadas a la ruptura del rift oblicuo durante el Mioceno medio (Lonsdale, 1989; Stock and Hodges, 1989; Oskin et al., 2001) con evidentes diferencias morfológicas; las cuencas Guaymas, Carmen, Farallón, Pescadero y Alarcón. Mediante modelos analógicos se buscan posibles respuestas a las diferencias morfológicas de las cuencas del Golfo Sur. Partiendo de la definición y las características geométricas de las cuencas tipo pull-apart propuesta por Gürbüz (2015) modificadas de Mann (2007) Mann et al., (1983), estos modelos análogos a escala cortical (Corti et al., 2013) toman en cuenta variaciones en el ángulo "θ" 25, 30, 45 y 90°, en la cantidad de extensión oblicua (Persaud et al., 2015) que se induce respecto al desplazamiento a rumbo con 0, 5, 7 y 11° y la diferencia en el comportamiento viscoso de la capa inferior dúctil. Se proponen dos etapas experimentales: la etapa "I" con 16 experimentos donde la capa inferior dúctil tienen a una relación de relativo bajo desacople con la capa superior quebradiza; y la etapa "II" con 8 experimentos donde la capa inferior dúctil tiene una relación de relativo alto desacople respecto a la capa superior quebradiza. Estos experimentos no contemplan efectos isostáticos, térmicos ni de subsidencia por lo que se restringen a reproducir el comportamiento mecánico aproximado del sistema natural. Se logró reproducir apropiadamente los tres tipos de cuencas pull-apart, Gürbüz (2015), los modelos físicos a escala se compararon con las gráficas propuestas por Aydin & Nur (1982) y Gürbüz (2010) que proponen mediante análisis estadístico de cuencas reales en diferentes localidades, leyes de escala para las cuencas pull-apart en sus relaciones W/L (ancho/largo) y W/L/d (ancho/largo/profundidad) respectivamente, en donde nuestros resultados se muestran concordantes con las principales tendencias lo que nos indica que nuestro set up es apropiado para compararlo con el sistema real en el Golfo Sur.

GET-11

ESTRATIGRAFÍA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DE LA MESA CENTRAL DE MÉXICO EN EL ÁREA DE SAN FELIPE, GUANAJUATO: AVANCES PRELIMINARES

Del Pilar Martínez Alexis¹, Nieto-Samaniego Ángel Francisco², Angeles Moreno Edgar³ y Olmos Moya Paulina¹
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
adelapilar@geociencias.unam.mx

La estratigrafía de la provincia fisiográfica de la Mesa Central de México está caracterizada por la abundante presencia de rocas volcánicas ácidas oligocénicas y de una actividad tectónica extensional contemporánea. La Mesa Central es dividida en dos sectores, sur y norte, separados por el sistema de fallas San Luis Tepehuanes (NW-SE). En el sector sur convergen sistemas de fallas normales regionales con distintas orientaciones: NE-SW (grábenes Villa de Reyes y El Cuarenta), NW-SE (Graben El Vergel-El Cóporo), N-S (Falla Los Pájaros) y E-W (Falla Santa Bárbara), imprimiéndole un patrón estructural complejo al área. Este trabajo muestra los avances preliminares del estudio estructural que se está desarrollando en la zona, se incluye la cartografía geológica y estratigrafía de la región de San Felipe y alrededores, así como el análisis estructural preliminar. En la zona se ha identificado la presencia de rocas cristalinas, volcánicas, subvolcánicas y sedimentarias marinas metamorizadas en facies de esquistos verdes, correlacionables con el Complejo Volcanosedimentario Sierra de Guanajuato (Jurásico Tardío-Cretácico Temprano). Sobre yaciendo discordantemente a la unidad mesozoica, se encuentra el

Conglomerado Los Cedros, un conglomerado de origen continental, clastosoportado y polimíctico. Sobre yaciendo de manera discordante al conglomerado se identificó un derrame de lava de composición dacítica con una edad U-Pb (citrón) de 34.36±0.26 Ma que la ubica en el límite Eoceno-Oligoceno. Dentro de la cubierta oligocénica se identificaron dos grandes grupos volcánicos de composición ácida: uno representado por riolitas e ignimbritas de 32-28 Ma (U-Pb en citrón), edades correspondientes al Rupeliano, y que se encuentran afectadas por los sistemas de fallas normales antes mencionados; el segundo constituido por rocas piroclásticas con edades de 23-25 Ma (U-Pb en citrón), correspondientes al Chatiano, que no se observaron afectadas por actividad tectónica; sin embargo, al sur sí se han documentado fallas cortando estas unidades. Asimismo, se observa la presencia de rocas volcánicas máficas que yacen sobre estos grupos volcánicos y que presumiblemente son del Mioceno, considerando lo que se ha reportado hacia el sur del área de estudio. Con esta información geológica, apoyada en fechamientos isotópicos, se puede establecer que la actividad de los distintos sistemas de fallas normales en la zona ocurrió entre los 30 y 27 Ma, de manera casi sincrónica con el vulcanismo del Chatiano. Esta información preliminar permite formular como primera hipótesis acerca del origen de este patrón complejo de fallas normales, que se pudo haber generado bajo un mismo estado de esfuerzos y producir deformación tridimensional en el área.

GET-12

ESTRATIGRAFÍA Y GEOCRONOLOGÍA U-PB DE LA SECUENCIA VOLCÁNICA DEL SECTOR CENTRAL DEL GRABEN DE BOLAÑOS, JAL.

Mata Castillo Cecilia¹, Ferrari Luca² y Ramos Rosique Aldo²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
cescmeth@gmail.com

El estudio de la estratigrafía volcánica de la Sierra Madre Occidental (SMO) ha permitido la reconstrucción de la evolución magmática de esta provincia y su relación con la tectónica extensional Cenozoica. Varios trabajos de la última década (resumidos en Ferrari et al., 2017, Earth Science Reviews) han demostrado que la tectónica extensional asociada al proceso de rifting del Golfo de California afectó la parte sur de la SMO desde el Oligoceno, controlando el emplazamiento de grandes volúmenes de ignimbritas riolíticas y cantidades menores de basaltos de origen fisural. Con una longitud total de 160 km y un desnivel máximo de 1.8 km el Graben de Bolaños es la mayor estructura tectónica de la parte sur de la SMO. Junto con los grabens de Tlaltenango, Juchipila y Aguascalientes, conforma un conjunto de estructuras de rumbo general NNE-SSW formadas durante el Oligoceno tardío y Mioceno temprano. Aquí presentamos los resultados de la revisión de la columna estratigráfica del sector central del Graben de Bolaños, previamente definidas por Lyons (1988, Economic Geology) basada en nuevas observaciones de campo y geocronología de U-Pb en circones. La base de la columna estratigráfica está conformada por ignimbritas soldadas pobres en cristales (tobas Bolaños y Veta Rica) definidas como "early welded tuffs" por Lyons (1988), cuya edad no se conocía antes de este estudio. Sobre yaciendo en concordancia se encuentra el Grupo Huichol, formado por ignimbritas de moderada a pobremente soldadas pobres en cristales (unidades Borrotes y El Realito) intercaladas con flujos basálticos afíricos (unidad Carboneras) que son cubiertos concordantemente por oleadas y flujos piroclásticos (Fm. Alacrán) con lapilli acrecionales, brechas de rezago y texturas de mezcla entre el material piroclástico y lavas basálticas (pseudo-peperitas), que en conjunto constituyen la principal evidencia de magmatismo contemporáneo con el fallamiento extensional. Estas secuencias son cubiertas de manera irregular por ignimbritas y tobas pobre a moderadamente soldadas y pobres en cristales (ignimbritas Chimal y San Martín), cuyas características petrográficas y distribución indican una fuente lejana. Estas unidades se emplazaron en la fase final de la formación del graben. Se obtuvieron 8 edades U-Pb cuyos resultados arrojaron un rango de edades de entre ~29 Ma y 19.3 Ma, siendo la unidad más antigua encontrada hasta la fecha la Ignimbrita Veta Rica y la más joven la unidad San Martín. De particular importancia es el fechamiento del domo Tepec a 23.3 Ma, ya que esta unidad se encuentra asociada a la mineralización epitermal del distrito de Bolaños. El estudio de la distribución espacial y temporal de las unidades volcánicas locales junto con las evidencias de campo permitieron constreñir la temporalidad de la extensión en la región a un periodo que va de ~27 Ma a ~19 Ma. La temporalidad de la deformación extensional y de la mineralización en el distrito de Bolaños es similar a la que se ha reportado para el distrito de San Martín de Bolaños ubicado 20 km mas al sur. Trabajo financiado por el proyecto CONACYT CB 237745 T

GET-13

DESPLAZAMIENTO DEL BATOLITO DE PUNTA MITA HACIA EL NW: UNA HIPÓTESIS DE MOVIMIENTO

Álvarez Román¹ y Yutsis Vsevolod²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²IPICYT
ralva@prodigy.net.mx

Se ha establecido que los batolitos de Punta Mita y de Puerto Vallarta comparten varias propiedades como edad, datos isotópicos y datos geoquímicos, por lo que, siendo vecinos, podría tratarse de un solo batolito. En todo caso, sus evoluciones

tectónicas han sido diferentes en cuanto el primero registró un fenómeno de extensión en el Mioceno Medio mientras que el segundo no lo experimentó. Se trata de una extensión E-W en el batolito de Punta Mita confirmada por la inyección de más de cien diques que invadieron el basamento con una tendencia N10E según el mapeo de Jensky (1974). Se ha sugerido también un posible desplazamiento hacia el NW de la región Punta Mita-Sierra de Vallejo, que lógicamente debería estar asociado a dicha extensión. No obstante, no parece haber modelos específicos de este desplazamiento. Aquí exploramos un modelo de desplazamiento de este batolito con base en reconstrucciones de las anomalías magnética y gravimétrica, complementadas con aspectos topográficos que sugieren una rotación de este batolito, más que su traslación hacia el NW. Estructuralmente el Valle de Banderas se ha descrito como un graben o semi-graben; sin embargo, este valle tiene una forma triangular por lo que no parece corresponder a un graben, que requeriría dos fallas normales paralelas con inclinación opuesta, en un ambiente tectónico expansivo. Esta observación es la que sugiere que el valle ha sido generado por la rotación de la Sierra de Vallejo; a partir de ella escogimos un punto de rotación para reconstruir la posición del batolito hacia el Mioceno Medio. Encontramos que una rotación de 25° en sentido opuesto al movimiento del reloj reduce la anchura del valle a su mínima expresión manteniendo una región que correspondería al cauce del río Ameca en aquella época. Hacemos lo propio con las anomalías magnética y gravimétrica del batolito de Punta Mita y encontramos que ambas, independientemente, reconstruyen la continuidad que debieron tener previo al proceso de rotación/extensión. Estas reconstrucciones sugieren que de haber ocurrido así, la velocidad angular de desplazamiento del batolito de Punta Mita habría sido de alrededor de 2.5°/M años. Estudios paleomagnéticos de los diques en esta región serán de gran ayuda en la confirmación o corrección de esta hipótesis de desplazamiento.

GET-14

ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE CIRCONES DETRÍTICOS DE ROCAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN LA REGIÓN DE ARIVECHI Y SUS IMPLICACIONES EN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL MESOZOICO EN EL NORTE Y ORIENTE DE SONORA Y SUR DE ARIZONA

Rodríguez José Luis¹, Roldán Jaime¹, Ortega Amabel¹ y Lee James K.W.²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Queen's University
jlrod@unam.mx

El tectonismo Cretácico en el noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos fue resultado de una subducción hacia el este de la Placa Farallon debajo de la Placa Norte Americana. En respuesta a la subducción un arco magmático se formó en lo que es ahora California, Nevada, oeste de Arizona, Baja California y Sonora México. Al sureste de California, suroeste de Arizona y Sonora la evolución tectónica no ha sido bien entendida, pero evidencia reciente sugiere que el Cretácico Superior registra una deformación extensional. Una cuenca de tras-arco, la cual se formó al este del arco magmático recibió sedimentos detríticos y megaclastos tanto del arco magmático del Cretácico Superior, así como de rocas más antiguas ya sean Precámbricas, Paleozoicas y Mesozoicas. Las rocas volcano-sedimentarias del Cretácico Superior están ampliamente expuestas en el oriente de Sonora, extendiéndose por más de 300 km desde la frontera con los Estados Unidos hasta la región de Arivechi y aún más al sur. Las rocas no marinas del Cretácico Superior en Arivechi conforman dos unidades: La más antigua es la unidad Cañada de Tarachi y la más joven la unidad El Potero Grande. Datos de edades U/Pb en circones detríticos de tres muestras de areniscas fueron obtenidos. La muestra A se colectó en la parte baja de la unidad Cañada de Tarachi y dos más (B y C) en la unidad El Potero Grande. Los resultados se graficaron tanto en graficas de probabilidad de densidad y de promedios, los cuales muestran el rango de edades para cada muestra de roca. Las edades U/Pb ponen de relieve las similitudes y diferencias entre las dos unidades del Cretácico Superior. Para la muestra A la información obtenida de los circones detríticos indica la presencia de circones heredados de edad Precámbrica (1688-1602 Ma, 1591-1341 Ma) y edad Pérmico-Triásica (274-247 Ma). Para la muestra B se tienen circones detríticos que indican circones heredados de edad Cretácica Inferior (146-86 Ma), y poblaciones pequeñas de circones heredados de edad Jurásica (160-147 Ma), Pérmica (256 a 250 Ma) y Mesoproterozoica (1650 a 1417 Ma). En la muestra C se tienen circones detríticos con un rango de edad entre 97 a 71 Ma (Cretácico Inferior) que corresponde a un 96% de la muestra. La cantidad restante, la cual es mínima, es de circones con edad Mesoproterozoica y Triásica. Los resultados del análisis de circones detríticos es la identificación de rocas de posible edad Permo-Triásica. Estas rocas Permo-Triásicas en la región de Arivechi aportarán datos para entender la paleogeografía, evolución tectónica y la configuración y extensión de la Cordillera Permo-Triásica, lo cual en Sonora aún no está claro. El fechamiento de los circones detríticos encontrados en las tres muestras de rocas sedimentarias en la región de Arivechi se ha utilizado para constreñir la edad de las rocas expuestas, lo que da nuevos datos de la evolución geológica de las rocas Cretácicas del oriente de Sonora y su procedencia plausible.

GET-15

NORMAL FAULT AND TENSILE FISSURE NETWORK DEVELOPMENT AROUND AN OFF-AXIS SILICA-RICH VOLCANIC DOME OF THE ALARCON RISE, SOUTHERN GULF OF CALIFORNIA

Vega Ramírez Luis Angel¹, Contreras Juan¹, Spelz Ronald², Portner Ryan³ y Clague David⁴

¹CICESE

²UABC

³SJSU

⁴MBARI

earhugger60@hotmail.com

The Monterey Bay Aquarium Research Institute collected in 2012 and 2015 high-resolution (1 m horizontal/0.2 m vertical) bathymetry data in the southern Gulf of California using an autonomous underwater vehicle (AUV) that bring to light an extensive array of normal faults and fissures cutting lava domes and smaller volcanic cones, pillow mounds and lava sheet flows of variable compositions along the Alarcon rise. Active faulting and fissure growth in the transition between the neovolcanic zone and adjacent axial summit trough, in a 6.9 x 1.5 km² area at the NE segment of the rise, developed at some point between ~6 Ka B.P. (14C) and the present time. We performed a population analysis of fracture networks imaged by the AUV that reveal contrasting scaling attributes between mode I (opening) and mode III (shearing) extensional structures. Opening-mode fractures are spatially constrained to narrow bands ~400 m wide. The youngest set developed on pillow lavas ~800 yr old (14C) of the neovolcanic zone. Regions of normal fault propagation by anti-plane shearing alternate with the tensile-fracture growth areas. This provides evidence for permutations in space of the stress field across the ridge axis. Moreover, fault-length frequency plots for both fracture networks show that opening-mode fractures are best fit using an exponential relationship whereas normal faults are best fit using a power-law relationship. These size distributions indicate tensile fractures rapidly reached a saturated state in which large fractures (10² m) accommodate most of the strain and appear to be constrained to a thin mechanical/thermal layer. Faults, by contrast, have slowly evolved to a state of self-organization characterized by growth by linkage with neighboring faults in the strike direction forming fault arrays with a maximum length of ~2km. We also analyzed the development of faults in the vicinity of an off-axis rhyolitic dome. We find that faults have asymmetric, half-restricted slip profiles with abrupt displacement gradients towards the dome. We further document a strain deficit in normal faulting near the dome. We suggest that these observations reflect the control that changes in mechanical properties and rheology may exert on fault slip localization by effectively suppressing fault nucleation and propagation.

GET-16

EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL LÍMITE SUR DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL: LA ZONA DE CIZALLA DEL RÍO SANTIAGO

Castillo Reynoso Juan Carlos¹, Ferrari Luca¹ y Loza Aguirre Isidro²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad Autónoma de Guanajuato
geojccr@gmail.com

El límite sur de la Sierra Madre Occidental (SMO) se encuentra parcialmente expuesto en la región del Río Santiago, en la parte centro-norte de Jalisco y sur de Nayarit. Este límite marca una zona de acomodo entre las rocas volcánicas de la SMO y el bloque cortical denominado Bloque Jalisco (BJ). Las rocas volcánicas Plio-cuaternarias de la Faja Volcánica Transmexicana cubren el límite. La deformación extensional del Oligoceno tardío-Mioceno medio que afecta las rocas de la SMO al norte de la FVTM, no se encuentra registrada en rocas del BJ al sur, por lo que el límite debe haber actuado como zona de acomodo por lo menos desde el Oligoceno tardío. Se ha propuesto que la zona de cizalla del Río Santiago registró tres fases de deformación durante el Neógeno: 1) fase transpresiva izquierda en el Mioceno temprano y medio, 2) fase transtensiva derecha en el Mioceno tardío y 3) fase extensional ortogonal en el Plio-cuaternario. En este trabajo se presenta la cartografía en la zona de cizalla del Río Santiago, así como nuevos datos geocronológicos, estructurales y petrográficos para la caracterización y temporalidad de eventos de deformación y su relación con el magmatismo. En el área de estudio, el nivel estratigráfico más antiguo está conformado por andesitas de edad desconocida intrudidas por cuerpos subvolcánicos graníticos de ~25-27.5 Ma. Estas rocas se encuentran sobreyacidas por ignimbritas y lavas félsicas de ~25.5 Ma y una sucesión de capas rojas con edades máximas de depósito de 23 Ma. Sobre las ignimbritas del Oligoceno tardío y la sucesión de capas rojas se encuentra un paquete de ignimbritas y domos dacítico-riolíticos con edades de ~23-22.5 Ma y ~19 Ma. El análisis estructural cinemático y dinámico muestra que la zona de cizalla del Río Santiago representa una zona de deformación polifásica en donde la tendencia principal de fallamiento tiene una dirección WNW-ESE a E-W. El fallamiento dominante tiene cinemática normal y lateral derecha con direcciones de extensión NNE-SSW. Estas fallas extensionales y transtensionales han hundido más de 700 metros hacia el sur la secuencia de la SMO. Las fallas normales basculan pronunciadamente las ignimbritas del Mioceno temprano hacia el sur y se superponen a fallas de una fase de deformación transpresiva más antigua con direcciones de acortamiento NW-SE que afecta particularmente las rocas de hasta ~22.5 Ma que hacia la presa de Santa Rosa y la presa de El Cajón forman pliegues abiertos con un arreglo en-echelon. La

zona de cizalla del Río Santiago ha favorecido la intrusión de cuerpos subvolcánicos silíceos que han generado yacimientos epitermales durante el Oligoceno tardío y Mioceno temprano, principalmente en la región de Cinco Minas, en donde las vetas epitermales han sido expuestas por el fallamiento normal.

GET-17 CARTEL

ANÁLISIS GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DE LA CUENCA PESCADERO NORTE, GOLFO DE CALIFORNIA: RESULTADOS PRELIMINARES A PARTIR DEL ANÁLISIS DE PERFILES DE REFLEXIÓN SÍSMICA 2D

Ramírez Zerpa Nestor Ali¹, Spelz Ronald¹, González Fernández Antonio², Yarbuh Ismael¹ y Contreras Juan²

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Departamento de Geología, CICESE
ramirez.nestor@uabc.edu.mx

La frontera de placas Pacífico-Norteamérica a lo largo del Golfo de California, está caracterizada por un arreglo escalonado de fallas transformes con desplazamiento lateral derecho, que conectan una serie de cuencas de tipo "pull-apart" distribuidas a lo largo del eje del Golfo. En su conjunto éstas estructuras acomodan una deformación oblicuo-divergente la cual caracteriza el régimen tectónico moderno de apertura del Golfo de California. El complejo Pescadero norte, el más profundo y probablemente menos estudiado de los sistemas de cuencas transtensionales en el golfo, está limitado en sus extremos norte y sur por las fallas Atl y Farallón, respectivamente, y consta de dos cuencas asimétricas con una geometría romboidal, cuyos depocentros están conectados a través de rampas y fallas normales de alto ángulo. En este trabajo presentamos los resultados preliminares derivados del procesamiento e interpretación de ~400 km de perfiles sísmicos de reflexión, colectados en 2006 abordo del B/O Francisco de Ulloa en Pescadero norte, los cuales arrojan nueva información sobre la geología y estructura interna de la cuenca. Pescadero norte es una cuenca profunda y estrecha, con espesores máximos de sedimentos de ~1 km y profundidades del fondo marino mayores de 3500 m. La deformación es acomodada principalmente por un arreglo de semi-grabens paralelos que crecen hacia el flanco norte de la cuenca. Los escarpes de falla más alejados del eje de deformación están más erosionados, sugiriendo que los semi-grabens localizados hacia el depocentro de la cuenca son progresivamente más jóvenes. Otro rasgo destacado revelado a partir de las imágenes sísmicas, es la poca o nula cubierta sedimentaria por encima del basamento cristalino que aflora en la porción más profunda y angosta de la cuenca. En esta área, los reflectores en el fondo marino muestran gran amplitud y coherencia, lo que parece indicar el emplazamiento de inyecciones magmáticas y derrames de lava. Similarmente, en las regiones con mayor espesor de sedimentos, se presentan reflectores de gran amplitud los cuales sugieren la presencia de sills en forma de plato. Estas estructuras miden varias decenas de metros de ancho y se localizan a una profundidad de ~150 m del fondo marino, el cual a su vez parece estar deformado como resultado de la intrusión de estos cuerpos ígneos. Las observaciones de primer orden derivadas a partir de este trabajo, sugieren que la cuenca Pescadero norte ha evolucionado hasta desarrollar un angosto (2-3 km de ancho) valle central con corteza oceánica la cual está siendo emplazada a lo largo de un incipiente centro de dispersión. Palabras Clave: Sísmica de reflexión multi-canal; magmatismo; cuenca Pescadero norte; Golfo de California.

GET-18 CARTEL

ESTUDIOS GEOFÍSICOS DE LOS MONTES SUBMARINOS EN EL SECTOR CENTRAL DE LA PLACA DE RIVERA CON DATOS BATIMÉTRICOS MULTIHAI Y MAGNETICOS MARINOS

Pérez González Elizabeth Andromeda¹, Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.², Bandy William L.², Ponce Núñez Francisco³, Pérez Calderón Daniel A.⁴ y García Palacios Miguel Ángel²

¹PCMYL - LUCO, UNAM

²Instituto de Geofísica-LUCO, UNAM

³Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

andromeda@geofisica.unam.mx

Estudios realizados en campañas oceanográficas a bordo del BO El Puma han identificado la existencia de varios montes submarinos en el sector central de la Placa de Rivera, al oeste de las costas de Nayarit y Jalisco. Estas campañas han tenido el objetivo de estudiar las propiedades geofísicas de estos montes submarinos para determinar el movimiento absoluto de la placa, ya que la placa carece de islas donde el uso de GPS pudiese medir su movimiento. Investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, llevaron a cabo 7 campañas oceanográficas (BABRIP06, MAMRIV07, MORTIC08, MAMRIV08, GUAYRIV10, BATIBAJA11 y MAMRIV12) entre el 2006 y el 2012, a bordo del B/O EL PUMA de la UNAM. Por primera vez, datos de batimetría multihaz de alta resolución y datos magnéticos fueron adquiridos en el área central de la placa de Rivera entre 20° 25' N a 21° 36' y 107° W a 109° W. Estos estudios marinos proporcionaron múltiples valores de batimetría y magnéticos sobre varios montes submarinos. Este trabajo presenta un catálogo de montes submarinos que han sido encontrados al este de la dorsal de Rivera (Rivera Rise), así como la descripción de sus características

geofísicas de cada monte. El catalogo presenta datos de 24 montes submarinos de los cuales 19 montes pertenecen a cadenas de montes submarinos y 5 montes se encuentran aislados. Mallas rectangulares en 2D de los montes son generadas para formar una base de datos que contenga parámetros físicos de cada uno de los montes. La forma de los montes proporciona indicadores de la evolución de cada uno de estos montes y cadenas. Las mallas en 3D de las mediciones batimétricas multihaz son correlacionados con las anomalías magnéticas marinas de la región para definir si su formación está asociada con la formación del piso oceánico que los rodea y se evidenció que cinco montes tienen diferentes anomalías a las anomalías que los rodea. Este trabajo es apoyado con recursos provenientes de la UNAM de los programas DGAPA-PAPIIT, CABO-CIC y del fondo de Hidrocarburos CONACYT-SENER, Proyecto 201441 y es una aportación a las iniciativas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM).

GET-19 CARTEL

ESTUDIO TECTÓNICO DEL SECTOR SURESTE DE LA SIERRA SANTA ROSA, COAHUILA

Monsiváis Durón Denisse Alejandra, Borjón Hernandez

Yolanda Dannali y Almaguer Carmenates Yuri

Escuela Superior de Ingeniería, ESI

denisseamd@outlook.es

Debido a que la zona orogénica de noreste de México, conformadas por pliegues anticlinales, es una respuesta de las condiciones de deformación de la secuencia estratigráfica de la Cuenca de Sabinas, surge la necesidad de conocer sus características tectónicas de dichas estructuras plegadas. En el contexto anterior, el presente trabajo expone interpretaciones tectónicas a escala de afloramiento del anticlinal que conforma la Sierra Santa Rosa mostrando la respuesta de la secuencia estratigráfica frente a la Orogenia Larámide en el Noreste de México. Como resultado del análisis morfotectónico y estructural descriptivo se muestra un modelo tectónico con los sistemas de fallas que afectan dicho anticlinal, así como los diagramas estereográficos de fracturas y planos de cizallas cartografiados en el sector sureste de la Sierra de Santa Rosa. Existe una estrecha relación entre la descripción regional de las deformaciones originadas por esfuerzos compresivos desde el SO y la disposición del anticlinal de Santa Rosa. Se evidencia además una relación entre las fracturas y los flancos del pliegue. De acuerdo al buzamiento de los flancos el anticlinal se clasifica como asimétrico, con vergencia del plano axial hacia el suroeste. El flanco noreste con mayor buzamiento se asocia a la cabalgadura "El Cedral", mostrada en el modelo tectónico. La orientación espacial de las superficies de cizallas indican cinemáticas diestras y siniestras, y su interpretación muestra la acción de esfuerzos compresivos desde el SO, coincidiendo con los esfuerzos regionales de la Orogenia Larámide.

GET-20 CARTEL

EXHUMACIÓN CENOZOICA DE PÓRFIDOS DE COBRE Y PLUTONES LARAMIDES DEL DISTRITO MINERO DE CANANEA, SONORA, MÉXICO: TERMOCRONOLOGÍA POR TRAZAS DE FISIÓN EN APATITOS

Lugo Zazueta Raul Ernesto¹, Carrizosa Terrones Francisco

Javier², Calmus Thierry³ y Valencia Moreno Martín³

¹Instituto de Geología, ERNO-UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

³Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
relugoz@gmail.com

El distrito minero Cananea, Sonora, es muy importante por la presencia de yacimientos tipo pórfido de cobre, como Buenavista del Cobre, El Pilar, Milpillan, Lucy y María que pertenecen al cinturón de Pórfidos de Cobre de Sonora y Arizona. Estos yacimientos tienen una edad de mineralización entre 73 y 59 Ma, y están relacionados a los grandes plutones Laramides que se emplazaron entre 78 y 58 Ma principalmente en las formaciones volcánoclasticas Henrietta del Jurásico tardío y Mesa del Cretácico Tardío. Durante el Eoceno tardío, inició la etapa extensional Basin and Range en la cordillera de Norte America, incluyendo el noroeste de México. La extensión, activa durante el Oligoceno y parte del Mioceno ocasionó la formación de una morfología en sierras y valles de dirección general N-S, y la segmentación y exhumación de varios de los depósitos minerales. Se realizó un estudio de termocronología de baja temperatura en el Distrito Cananea, para el cual se colectaron muestras de rocas intrusivas en dos secciones con orientación ENE-WSW, paralelamente a la dirección de extensión; una en el batolito de la Sierra Cuitaca y el plutón de la Sierra Elenita-Mariquita, en donde se encuentran las minas María y Buenavista del Cobre, otra en el plutón de la Sierra El Chivato que hospeda la mina Lucy. Las muestras fueron analizadas por el método de trazas de fisión en apatitos, el cual nos da información sobre la historia de exhumación en el rango de temperatura de 60° a 120°C. Los resultados indican que las rocas de la Sierra Cuitaca tuvieron un enfriamiento relativamente rápido en el rango de edad de 37 a 23 Ma, mientras que las rocas de la Sierra El Chivato muestran edades de enfriamiento más lento entre 40 y 28 Ma. Se interpreta la edad de enfriamiento como la consecuencia de la exhumación durante la extensión Basin and Range. Sin embargo, la diferencia de edad de exhumación entre ambos grupos puede reflejar profundidades diferentes de emplazamiento de los cuerpos intrusivos y de los depósitos asociados. Los pórfidos de cobre de las Sierra Elenita-Mariquita podrían

haberse emplazados a una profundidad menor que los pórfidos asociados a la Sierra El Chivato.

GET-21 CARTEL

CARTOGRAFIA-SIERRA MADRE ORIENTAL (LA HUASTECA N.L.)

Saldierna Alarcón Samuel Guillermo y Treviño Barbosa Edgar Guadalupe
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
samuel.saldierna@hotmail.com

La Sierra Madre Oriental es una cordillera ubicada en el este de México, que corre en dirección noroeste-sureste. Junto con la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur, constituye una de las más importantes y distintivas rasgos orográficos de México. También forma parte de la Cordillera Americana, una gran cadena de varias cordilleras que se extiende por toda América hasta la Antártida. La zona es rica en recursos naturales; se sabe que desde la década de 1590 los españoles hallaron la presencia de metales preciosos, además de cobre. El objetivo primordial que tenemos es obtener la carta geológica o el trazo de mapas, con más exactitud en el área de la Huasteca en N.L. y al igual también iremos a investigar el tipo de roca, estructuras geológicas, fauna y flora que se encuentra dentro de esta área que se tiene como objetivo de estudio. La metodología que utilizaremos será designar ciertas áreas de interés en donde tendremos que observar diferentes características como lo son el tipo de roca, designar presencia de red hidrográfica, sacar coordenadas del área, medir rumbo y buzamiento de los estratos que se encuentren dentro de la estructura geológica que se encuentre en esta área y tomar su respectiva foto para la bitácora de registro.

GET-22 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LOS EVENTOS DE MINERALIZACIÓN AU-AG EN EL DISTRITO SAN DIMAS

Urquiza de León Santiago, Montoya Paula, Levresse Gilles y Ferrari Luca
Centro de Geociencias, UNAM
santiagouleon@gmail.com

El Distrito Minero de San Dimas se localiza en la parte centro-oeste de la Sierra Madre Occidental, cerca del límite de los estados de Durango y Sinaloa. Es un distrito histórico con más de 300 años de producción y sigue siendo uno de los más grandes productores de plata y oro a nivel nacional. En el distrito las vetas presentan dos direcciones principales E-W y NW-SE. Su distribución es controlada por fallas normales regionales de dirección N-S. Dichas fallas delimitan la extensión E-W del distrito y dentro del distrito cuatro bloques llamados Bloque Oeste, Bloque Graben Sinaloa, Bloque central y Bloque Tayoltita. Aun dentro de un mismo tren estructural las vetas presentan una variedad de texturas. Es posible dividir las en dos grandes familias, las vetas compuestas donde se observa varios eventos de cementos, y las vetas formadas por un solo evento. En ambas familias las vetas presentan echados de alto ángulo, y espesores que varían de pocos centímetros hasta decenas de metros, siendo de 2 a 4 metros el promedio general. Las vetas monogenéticas son principalmente cementadas por un cuarzo lechoso y/o translúcido y asociadas a un aureola de sericita. Los cementos observados en la las vetas compuestas son cronológicamente, un bandeo de cuarzo y adularia, una brecha hidrotermal de cuarzo y adularia y un cemento de cuarzo lechoso con adularia y sericita. El cemento de brecha tiene la particularidad de presentar clastos que no pertenecen a la roca encajonante. Dichos clastos son de andesita porfídica a traquítica fuertemente alterada por clorita ± epidota y alto concentración en oro. La riqueza del distrito de San Dimas es producto de un modelo genético complejo y aparentemente multifásico. Los próximos pasos serán de generar edades de los diferentes eventos para establecer una geocronología precisa de dichos cementos, así como precisar el papel de los clastos porfíricos en las anomalías de oro.

GET-23 CARTEL

ESFUERZOS EN LA CORTEZA SUPERIOR DURANTE LA TRANSICIÓN ACORTAMIENTO-EXTENSIÓN: EJEMPLO EN LA SIERRA DE GUANAJUATO

Nieto-Samaniego Ángel Francisco¹, Angeles Moreno Edgar², Alaniz-Alvarez Susana Alicia³ y Xu Shunshan⁴
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
afns@geociencias.unam.mx

La evolución del estado de esfuerzos durante el paso de una fase tectónica de acortamiento a una de extensión es ilustrada con el caso de la Sierra de Guanajuato. Consideramos que la evolución de los esfuerzos documentada en dicha sierra fue análoga a lo ocurrido en la Mesa Central de México. El fin de la fase compresiva de la orogénia Larámide ocurrió después de 62 y antes de 53 Ma y la fase extensional inició a ca. 49.5 Ma. Las direcciones del acortamiento máximo Larámide y del alargamiento máximo posterior fueron semejantes, NE 40-80° SW. Durante la transición entre ambos regímenes se formaron fallas laterales con una componente menor inversa y sobrepuesto se les observa un desplazamiento oblicuo-normal. En dichas fallas hay registro de deformación en los ambientes dúctil-frágil y frágil, lo que

interpretamos como evidencia de exhumación. Durante el régimen de acortamiento el esfuerzo vertical σ_v fue el esfuerzo compresivo principal mínimo y corresponde a la presión litostática $\sigma_3(A)$ (A denota que se trata del estado de esfuerzos inicial de acortamiento). La presencia de fallas inversas en las rocas mesozoicas implica que la diferencia de esfuerzos máxima ($\sigma_1(A) - \sigma_3(A)$) alcanzó el límite de deslizamiento (envolvente de Mohr), la cual asumimos con pendiente 0.85, pues las fallas observadas están adyacentes al Granito Comanja que fue emplazado a ca. 7 km de profundidad. La finalización de la orogénia implica una disminución del esfuerzo horizontal $\sigma_1(A)$ (orientado ~NE-SW) y una disminución de $\sigma_2(A)$ (orientado ~NW-SE) igual a $(\nu) \sigma_1(A)$, siendo (ν) el coeficiente de Poisson. Manteniendo σ_v constante (i.e. sin exhumación) y considerando valores del coeficiente de Poisson típicos, el esfuerzo $\sigma_1(A)$ disminuye más rápidamente que $\sigma_2(A)$, pudiendo convertirse en el esfuerzo principal intermedio; y al tomar valores cercanos a $\sigma_3(A)$, tiene lugar el paso a un estado de transpresión generándose las fallas laterales con componente inversa. Al continuar disminuyendo el esfuerzo $\sigma_1(A)$ se alcanzó la configuración de régimen extensional convirtiéndose la presión litostática en el esfuerzo principal compresivo máximo, tomando la diferencia de esfuerzos un valor igual a $(\nu) \sigma_2(A) - \sigma_3(A)$, lo cual implica que no se alcanza la envolvente de Mohr inhibiéndose el deslizamiento sobre los planos de falla. Para que tenga lugar el deslizamiento se requiere la presencia de presión de fluidos, o bien que haya exhumación, ya que ambos fenómenos producen una disminución en el estado de esfuerzos efectivo haciendo posible alcanzar la envolvente de Mohr. Ambos fenómenos, exhumación y presencia de fluidos, estuvieron presentes en la transición entre acortamiento y extensión en la Sierra de Guanajuato. Por otra parte, hay fallas tanto laterales-inversas como normales en niveles muy someros, aparecen afectando a rocas volcánicas ypresianas intercaladas con el Conglomerado Duarte, esto documenta que el estado de esfuerzos propuesto estuvo vigente en toda la corteza superior, al menos desde ca. 7 km hasta cerca de la superficie.

GET-24 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA CAÑADA DE LA VIRGEN, SAN MIGUEL DE ALLENDE, GUANAJUATO

Olmos Moya Paulina¹, Angeles Moreno Edgar¹ y Nieto-Samaniego Ángel Francisco²
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
col-26@hotmail.com

Presentamos una nueva cartografía, edades isotópicas y análisis petrográfico de algunas unidades litoestratigráficas de la Cañada de La Virgen San Miguel de Allende, Guanajuato. La zona de estudio se encuentra localizada cerca del límite sureste entre la Mesa central de México y la Faja Volcánica Transmexicana. Dentro de la Mesa Central se pueden definir dos grandes conjuntos litoestratigráficos: uno de edad Mesozoica, compuesto por rocas plutónicas y vulcanosedimentarias marinas deformadas y metamorizadas en bajo grado. El segundo conjunto es de edad cenozoica y ambiente continental, consiste de rocas plutónicas, volcánicas y conglomerados. En el área de estudio, se pudieron identificar tres unidades piroclásticas pertenecientes al conjunto cenozoico: la más antigua sobreyace al basalto La Virgen y corresponde a la formación La Virgen, en ella se distinguen dos miembros, uno de color verde de 30.26±0.60 Ma (U/Pb LA-ICPMS en zircón) y otro de color beige de 29.86±0.35 Ma (U/Pb LA-ICPMS en zircón), esta formación se observa estratificada y basculada, es un depósito piroclástico pobremente soldado con matriz de ceniza, minerales opacos, fragmentos de cristales y vidrio. Sobre la formación La Virgen se encuentra depositada de forma casi horizontal la ignimbrita Las Pirámides de 27.81±0.27 Ma (U/Pb LA-ICPMS en zircón), se trata de una ignimbrita sin soldar a pobremente soldada, con una matriz vítrea de ceniza volcánica, con abundantes fragmentos de cristales y vidrio, presenta abundante pómez de gran tamaño. Encima de la ignimbrita Las Pirámides se encuentra la ignimbrita San Nicolás de 23.98±0.15 Ma (U/Pb LA-ICPMS en zircón), es una ignimbrita soldada, de matriz vítrea con abundantes vitroclastos y textura eutáxita, presenta estructuras de flama. Por otra parte, dentro de la zona de estudio, se identificó un depósito por deslizamiento y colapso de rocas de la ignimbrita Las Pirámides.

GET-25 CARTEL

CRETACEOUS TO PALEOGENE THERMO-TECTONIC EVOLUTION OF THE WESTERN SIERRA MADRE ORIENTAL, CENTRAL MEXICO: A FISSION-TRACK STUDY FROM THE TOLIMÁN AREA

Guerrero-Paz Deisy¹, Bedoya Alejandra², Ortega-Flores Berlaïne³, Abdullin Fanis⁴, Solari Luigi¹ y Ortega Obregón Carlos⁴
¹Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM
³Instituto de Geología, UNAM
⁴Centro de Geociencias, UNAM
dey29@outlook.es

This study presents the first apatite fission-track ages obtained in the Tolimán area that is located in the western portion of the Sierra Madre Oriental, central Mexico. A total of six clastic samples from the Triassic El Chilar complex and late Jurassic

to early Cretaceous San Juan de la Rosa and Peña Azul Formations were dated. The objective of this study is the timing of tectonic events that took place during the Cretaceous and Paleogene periods. Apatite fission-track results were obtained in the LEI Lab (Laboratorio de Estudios Isotópicos, CGEO, UNAM), employing the LA-ICP-MS technique for in-situ quantification of U-238 (e.g., Hasebe et al., 2004). Most apatites lie in the time span of 85–80 to 50–40 Ma, a period coeval with the late Cretaceous to Eocene orogeny that formed the Mexican Fold-Thrust Belt (Fitz-Díaz et al., 2014; Garduño-Martínez et al., 2015; Martini et al., 2016). The results of this study suggest that the Tolimán area has been repeatedly uplifted and eroded during the whole period of development of the orogenic wedge, which is also recorded by syntectonic foreland deposits of the Campanian–Maastrichtian Méndez and Paleocene Velasco and Chicontepec Formations that are exposed along the eastern parts of the Mexican Fold-Thrust Belt. Older cooling signals at 122 ± 8 , 117 ± 5 , 113 ± 3 , and 104 ± 4 Ma were also detected from some samples, which could represent a tectonic activity that took place roughly 120–100 million years ago. This period of cooling is probably linked to the accretion and amalgamation of the Guerrero terrane with the Mexican continental interior during the late Aptian (e.g., Dickinson and Lawton, 2001; Martini et al., 2012). Hence, siliciclastic rocks in the Tolimán area, particularly those from the Triassic El Chilar complex, apparently store cooling ages belonging to different stages of the tectonic evolution of the North American Pacific margin. To confirm the cooling period of 120–100 Ma related to the accretion of the Guerrero terrane, additional thermochronological data are urgently required; in particular, zircon (U–Th)/He ages from the El Chilar complex. This study was supported by PAPIIT UNAM [grant number IN103417] to L.S. References: Dickinson and Lawton, 2001, Geological Society of America Bulletin, 113, 1142–1160. Fitz-Díaz et al., 2014, International Geology Review, 56, 734–755. Garduño-Martínez et al., 2015, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 32, 306–322. Hasebe et al., 2004, Chemical Geology, 207, 135–145. Martini et al., 2012, Geological Society of America, Field Guides, 25, 19–38. Martini et al., 2016, Geosphere, 12, 1257–1270.

GET-26 CARTEL

HISTORIA DE LA DEFORMACIÓN DE LA MARGEN ORIENTAL DE LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Ruiz Arriaga Daniel¹, Stockli Daniel² y Fitz Díaz Elisa³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin
daniel_ruiz_25@hotmail.com

El sur de México está formado por un mosaico de bloques que han sido agrupados y clasificados como terrenos tectono-estratigráficos. En este estudio nos enfocamos en el Terreno Mixteco y las unidades de la cubierta sedimentaria que sepultan su límite con el Terreno Guerrero, las cuales están contenidas en el elemento regional paleogeográfico conocido como la plataforma Guerrero-Morelos (PGM). Las rocas de la PGM cubren discordantemente el límite entre rocas características de los terrenos Guerrero y Mixteco, y están delimitadas al oriente de la plataforma por la cabalgadura de Papalutla. La cabalgadura de Papalutla es una estructura regional con orientación general NE-SW, con una componente cinemática inversa, una dirección de transporte general hacia el occidente, y produce un importante desfase estratigráfico entre las rocas cretácicas de la PGM y las rocas metamórficas paleozoicas del Complejo Acatlán. Las rocas del Complejo Acatlán forman, a escala regional, cinturones orientados NW-SE, los cuales están constituidos por diferente litología, estructura interna y grado metamórfico, y están separadas entre sí por zonas de cizalla a diferentes escalas. Una de las más importantes a escala regional es la Zona de Cizalla La Encinera (ZCLE), la cual separa rocas de alto grado de metamorfismo de rocas de bajo grado. La ZCLE es una estructura regional con orientación NE-SW y con una fábrica milonítica que acusa una cinemática inversa con dirección de transporte hacia el oriente. En la margen oriental de la PGM, se observan dos generaciones de estructuras de acortamiento: las aparentemente más jóvenes son de piel delgada, afectan a las rocas de la PGM y tienen vergencia hacia el noreste; mientras que las más "viejas", representadas por la cabalgadura de Papalutla y las fallas sobrepuestas a la ZCLE son de piel gruesa, tienen una dirección de transporte hacia el noroeste, involucran a rocas metamórficas paleozoicas del Complejo Acatlán, y una de ellas sobrepone al Complejo Acatlán sobre las rocas cretácicas de la PGM. Las diferencias en estilo y vergencia observadas en las estructuras de acortamiento de la margen oriental de la PGM, indican que éstas fueron formadas en diferentes episodios. Sin embargo, la edad relativa de la deformación no ha sido constreñida para las estructuras de piel gruesa o de piel delgada. Apoyándose en los cambios de temperatura asociados a la exhumación, se realizaron estudios de termocronología de baja temperatura con U-Th/He y trazas de fisión; con el fin de evaluar la contemporaneidad y el desplazamiento relativo de los últimos kilómetros de las rocas de bajo grado de metamorfismo y alto grado de metamorfismo, mediante la comparación de edades de enfriamiento de ambos bloques. Los análisis indican un evento tectónico que desplazó verticalmente a las rocas metamórficas del Complejo Acatlán una distancia de más de 2 km en un rango de edad tentativo de 80 a 100 Ma. El evento tectónico idóneo para este desplazamiento es el inicio del Orogénico Mexicano del Cretácico-Palógeno debido a que este modificó radicalmente grandes extensiones de la fisiografía del occidente de México.

GET-27 CARTEL

MAGMATISMO PALEÓGENO DE LA REGIÓN DE CHILPANCINGO, TIERRA COLORADA Y XOLAPA (CH-TC-XO), ESTADO DE GUERRERO

Hernández Treviño J. Teodoro¹, Solís Pichardo Gabriela², Schaaf Peter¹, Ortega Obregón Carlos³ y Meza-García Vianey¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

tht@geofisica.unam.mx

El magmatismo Paleógeno de esta región se caracteriza por poderse estudiar en depósitos volcánicos y en cuerpos plutónicos, esto se debe a la evolución tectónica que prevaleció durante el Mesozoico tardío y el Cenozoico temprano en el sur de México. Esta tectónica provocó la exhumación de rocas cristalinas del Terreno Xolapa dejándolas expuestas y al mismo nivel cortical de las rocas volcánicas que se depositaron sobre el Terreno Mixteca. Este sector del sur de México (CH-TC-Xo) se encuentra en el contacto entre ambas entidades tectonoestratigráficas por lo que en una región pequeña se pueden observar ambos niveles corticales. En este trabajo se correlacionan geocronológicamente las rocas plutónicas y volcánicas expuestas en los terrenos Xolapa y Mixteca que están comprendidas en la región de Ch-TC-Xo, estas edades son fundamentales para reconstruir la historia geológica de la región, porque entre 70 y 25 Ma se sobrepusieron varios eventos tectónicos que aún no han sido entendidos y que requieren de un orden estratigráfico e histórico que explique la evolución geológica de la región de Ch-TC-Xo. El área de estudio es clave para reconstruir la margen pacífica del sur de México durante el Mesozoico Tardío y el Cenozoico Temprano, edades de grandes Eventos Geológicos como el término del Pulso mayor estructural de la deformación Larámide en México, el Límite K/Pg (K/T) asociado a la caída del Meteorito en la plataforma calcárea Yucatana, ambos sucesos son de gran relevancia para la historia geológica que modelan a México geológicamente. El Plutón de Amatlán del Mastrochiano-Paleoceno que intrusión a rocas del complejo Xolapa se puede correlacionar con las rocas volcánicas intermedias de la Formación Agua de Obispo del paleoceno que se encuentran intercaladas con brechas y conglomerados del Grupo Balsas del terreno Mixteca. El Eoceno temprano entre 55 y 48 Ma se representa por el magmatismo félsico que dio origen a los domos riolíticos de la Formación Papagayo emplazados sobre el Terreno Mixteca, estas rocas volcánicas no tienen un paralelo intrusivo similar, la edad más cercana es el intrusivo de las Piñas de 57 Ma y los sistemas de diques pegmatíticos de muscovita que intrusionan rocas metamórficas del complejo Xolapa en la región, de algunos de estos diques se obtuvieron edades de 57 y 60 Ma. Los eventos magmáticos de mayor abundancia y conservación son los de edad Eoceno tardío – Oligoceno, representados por la caldera de Alquitrán que se deposita en el terreno Mixteca y por grandes cuerpos intrusivos como el de Xaltianguis, Tierra Colorada, Azinyehualco y San Juan del Reparo. Algunos de estos grandes plutones intrusionan al Terreno Xolapa y al terreno Mixteca.

GET-28 CARTEL

SLICKENLINE ORIENTATIONS INFLUENCED BY THE SURFACE MORPHOLOGY OF PRE-EXISTING COOLING FRACTURES IN VOLCANIC ROCKS

Xu Shunshan, Nieto-Samaniego Ángel Francisco, Alaniz-Álvarez Susana Alicia y Botero-Santa Paola A.
Centro de Geociencias, UNAM
sxu@geociencias.unam.mx

Sliding on a pre-existing plane of weakness may occur before a state of stress high enough to fracture is reached. Characteristics of the cooling fractures in the volcanic rocks in the southeastern Mesa Central (San Luis Potosí volcanic field) are studied. In the studied area, many incompletely striated/polished surfaces are observed. By comparing morphology between the striated and unstriated areas in partially striated surfaces, we find that the initial plumose morphology is smoothed in the striated areas, while meanwhile striation roughness perpendicular to slip is created with lower wavelengths than the original roughness. The results also show that rake variation of slickenlines is greater in partially striated surfaces than in the completely striated surfaces at centimeter scale. This feature implies that the initial roughness is the critical parameter that perturbs the slip vector during fault. The deflection of slickenline trajectories would be due to local stress perturbation. We calculated slip variation when stress state changes under extensional stress regime by using software Slicken 1.0. Our results indicate that the rake variation is positively related to stress rotation under extensional stress regime, and that decreasing in stress ratio leads rake values to approach 90°.

GET-29 CARTEL

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS SINTECTÓNICOS EN EL ESTUDIO DE LA CINEMÁTICA DE PLIEGUES ASOCIADOS A FALLAS

García Rodríguez Liz Kasandra y Santiago Vera Andreas
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
kasandra__98@hotmail.com

Las geometrías de sedimentos sintectónicos han sido reconocidas recientemente como una herramienta poderosa que puede usarse para distinguir entre diferentes tipos de plegado relacionado con el empuje. En el caso de pliegues en cuya formación intervenga el mecanismo de rotación de flancos, si existen sedimentos sintectónicos asociados al pliegue, la actuación de este mecanismo queda registrada por la geometría que presentan dichos sedimentos. Existe un análisis que consta de una estimación de la evolución en el tiempo del relieve estructural de los anticlinales utilizando el método de Poblet y Hardy (1995), que consiste en calcular el relieve estructural en cada estadio a partir de la diferencia el espesor acumulado de los estratos sintectónicos en la cuenca sinclinal y el espesor ortogonal acumulado de los mismos sedimentos en la cresta del anticlinal. Los trabajos de Espina et al. (1996), Vergés et al. (1996), y Butler y Lickorish (1997) proponen que el cálculo de la rotación de los flancos de un pliegue para un determinado intervalo de tiempo de su crecimiento es el ángulo que forman entre sí los horizontes cuyo depósito corresponde al inicio y al final de dicho período. No obstante, en estos cálculos deben tenerse en cuenta las posibles variaciones en el buzamiento de las capas debidas a compactación. Las técnicas utilizadas en los diversos trabajos para diferenciar los distintos tipos de pliegues relacionados con fallas consisten en el análisis de las micro y macroestructuras producidas durante la formación del pliegue, de la propia geometría del pliegue, de la relación entre la longitud de onda dominante por el pliegue y el espesor del miembro litológico dominante, del desplazamiento a lo largo del cabalgamiento, del área del núcleo del pliegue. Muchas de estas técnicas no permiten discriminar exactamente el tipo de pliegue, pero si aportan información sobre su cinemática, de forma que combinando varias de estas técnicas es posible llegar a una buena aproximación. Los sedimentos sintectónicos depositados durante el crecimiento de un pliegue registran la evolución cinemática de este de manera que su geometría muestra notables diferencias según estén asociados a pliegues de flexión de falla, de propagación de falla o bien pliegues despegados. La diferencia fundamental entre la arquitectura de los sedimentos sintectónicos asociados a los diversos tipos de pliegues consiste en que los pliegues formados únicamente por migración de charnelas presentan paneles de sedimentos sintectónicos con buzamientos idénticos a los de los sedimentos pretectónicos infrayacentes, mientras que en los pliegues que incluyen únicamente rotación de flancos, los sedimentos sintectónicos presentan geometrías en forma de cuña bien desarrolladas en la zona de los flancos de los pliegues que se conocen con el nombre de discordancias progresivas. Dada la trascendencia del estudio de la cinemática de los pliegues tanto desde un punto de vista puramente científico como industrial y social, durante los últimos años se ha desarrollado un creciente interés por el estudio de las geometrías que presentan los sedimentos sintectónicos asociados a pliegues

proceso de cartografía de las mismas. Palabras Clave: IOCG, endoskarn, exoskarn, Las Minas, Skarnificación, progradante

GET-30 CARTEL

MINERALIZACIÓN TIPO IOCG ASOCIADA A LA FASE PROGRADANTE PROXIMAL DEL SKARN DEL MUNICIPIO DE LAS MINAS, ESTADO DE VERACRUZ

Ramos García Genesis Arely¹, Cruz Zuñiga Nayely¹,
Díaz Ortiz Miguel Ángel¹ y Castro Mora Jesús²
¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, UAEH
²Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH
ely_ocadiz@live.com.mx

El municipio de Las Minas se localiza en la porción central del estado de Veracruz, dentro de la Provincia Geológica del Macizo de Palma Sola; En dicha localidad se encuentra bien expuesto un ensamble de rocas mineralizadas de metamorfismo de contacto, que conforman un depósito de tipo IOCG (Iron Ore Copper Gold, por sus siglas en inglés), cuyas asociaciones metálicas típicas están conformadas por: magnetita-calcopirita-bornita +/- oro y por calcopirita-pirita-arsenopirita-magnetita, mismo que actualmente está sujeto a un intenso programa de exploración geológica con fines evaluativos. La zona proximal del skarn está definida por un intrusivo granítico-granodiorítico con mineralización diseminada de sulfuros de cobre y bajos contenidos de wollastonita y granate cálcico que se ha definido como endoskarn, en cuya zonación periplutónica se ha desarrollado la zona de exoskarn proximal conformada por magnetita-calcopirita-bornita-grosularita con contenidos económicos de oro. El área y volumen de skarnificación progradante, que incluye tanto a las zonas proximal y distal, hasta los frentes de mármol, es considerable, ya que ha sido cartografiada en sectores que alcanzan los 500 metros de distancia a partir de los cuerpos intrusivos, aunque aureolas de alteración metasomática, que sobrepasan los 7 kilómetros de radio y desniveles superiores a los 600 metros a partir de los stocks graníticos principales, han sido reconocidas en las localidades de Tataila y Pueblo Nuevo. Sistemas de fallas laterales de corrimiento dextral, que son los cauces naturales de los ríos Las Minas y Trinidad (principales corrientes de agua superficial de la zona), dislocan los cuerpos mineralizados más importantes y consecuentemente las zonas de alteración metasomática lo cual hace complicado el

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizador:

Zayre Ivonne González Acevedo

GGA-1

TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA APLICADAS A LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES

Díaz-Torres José de Jesús¹, Otto Peter², Vallejo-Rodríguez Ramiro¹, Martínez-Mendoza Leonardo José¹, Galindo-Miranda Juan Manuel¹, López-López Alberto¹, Moeller-Chávez Gabriela E.³, Del Real-Olvera Jorge¹, León-Becerril Elizabeth¹ y Hernández-Mena Leonel¹

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, CIATEJ

²Soil Physics and Land Management, The Wageningen University

³Universidad Politécnica del Estado de Morelos

jdiaz@ciatej.mx

La calidad del agua en reservorios superficiales se evalúa de forma muy puntual. Parámetros físico-químicos y biológicos forman parte de las propiedades que se consideran para determinar la aptitud del agua para consumo humano. El uso de imágenes satelitales representa un recurso indispensable para comprender las relaciones de algunas de estas propiedades a través de toda la superficie del cuerpo de agua. El 6 de Septiembre de 2016, una campaña de muestreo se llevó a cabo para obtener datos de calidad del agua en 15 sitios dentro del Lago de Chapala. Dos grupos equipados con una sonda multiparamétrica HANNA 9828/98194 (para cuantificar el Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH) y material acondicionado, midieron simultáneamente estos parámetros y recolectaron las muestras de agua para el análisis de otras propiedades. El diseño de muestreo estuvo basado en tres criterios: 1) Sitios con una profundidad mayor a 2 metros, 2) Cercanía con las principales localidades, y 3) Una cobertura amplia del lago. En laboratorio se determinaron concentraciones de DBO5 (BOD-Track II), Coliformes fecales (CCAYAC-M-004/11), Fósforo Total (SM-4500 P), Nitrógeno Amoniacal/Nitratos (SM-4500 NH3/NO-3), Sólidos totales (NMX-AA-034-SCFI-2001) y Turbidez (Hach 2100AN-SI). Cada parámetro fue determinado por triplicado, los valores promedio se presentan en este estudio. Por otra parte, una imagen satelital (LC08_L1TP-029046-20160906-01-T1) obtenida mediante la plataforma Landsat 8 (OLI/TIRS) y procesada con un alto nivel de corrección (L1TP) fue adquirida para la misma fecha. La imagen fue recalibrada para calcular la radiancia y reflectancia de salida desde el cuerpo de agua; también fue sometida a un procedimiento de corrección atmosférica. Una máscara fue determinada para procesar la información provenientes solo de la superficie del agua; mientras que un algoritmo apoyado en las propiedades de absorbancia del agua en la región del Infrarrojo (IR) del espectro electromagnético, fue implementado para remover el efecto de Destello de Sol (Glint effect) que a menudo se produce desde la superficie del agua. La turbidez es uno de los parámetros físicos considerados para evaluar la calidad del agua. Debido a sus propiedades ópticas, es un factor relevante para el monitoreo de zonas costeras y aguas continentales. Un análisis semi-empírico permitió establecer fuerte correlación entre la turbidez y la energía reflejada por el agua en la región del Infrarrojo Cercano (IRC); lo mismo ocurrió con las concentraciones de nitratos y fosfatos. La distribución espacial de los sitios de muestro, la identificación de gradientes en los parámetros físico-químicos a través del lago y su respuesta espectral permitieron identificar las fuentes potenciales de contaminación que aportan considerables cantidades de material en suspensión, al menos durante la época de lluvias. Los resultados demuestran que el uso de imágenes satelitales de libre acceso representan una importante fuente de información que viene a complementar y fortalecer la capacidad de análisis de calidad del agua periódica en reservorios naturales de gran dimensión como el Lago de Chapala.

GGA-2

ESTUDIOS DE GEOQUIMIOMETRÍA APLICADOS A LA MEDICIÓN DE FLUJOS DE CO2 MEDIANTE LA TÉCNICA DE EDDY COVARIANCE: EL CASO DE LA ZONA GEOTÉRMICA DE ACOCULCO, PUEBLA

Gómez Salgado Zoila Gíomar¹, Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando², Pérez Zárate Daniel³, Guevara Mirna², Cardoso Héctor² y Vázquez Barragán Jesús Alfonso⁴

¹Centro Universitario de Tonala, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Energías Renovables, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Universidad de Guadalajara, UdeG
zoi.giomar@gmail.com

Como parte de las acciones que se están dando para impulsar la energía geotérmica en la producción de electricidad y otros usos directos, y en particular, con la evaluación del recurso en nuevas zonas promisorias del país, se realizaron estudios de exploración en el sistema geotérmico de Acoculco, Puebla. Estudios previos realizados por Comisión Federal de Electricidad (CFE) en esta zona permitieron identificarla como un sistema geotérmico "oculto" con características similares a las de un reservorio de roca seca caliente con temperaturas medidas hasta de 300°C (López-Hernández et al., 2009; Santoyo et al., 2017). En el marco del proyecto de investigación P09 del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo), en este trabajo se presentan los resultados de un estudio geoquimiométrico aplicado al análisis del proceso de emisión de CO2 a partir de mediciones obtenidas de una estación micrometeorológica Eddy Covariance (EC). La estación EC fue instalada en la zona de Los Azufres durante un periodo aproximado de 18 meses. Tomando en consideración la temporada de secas (Marzo-Mayo del 2016), se busca estudiar el comportamiento del flujo de CO2 e identificar las principales variables que se correlacionan con éste en esta zona de

emisión muy activa. Con estos propósitos, el estudio geoquimiométrico considera la evaluación temporal del flujo de CO2 sobre una área de aproximadamente 366 m2 y la aplicación de técnicas de estadística descriptiva y del análisis de componentes principales (PCA). A partir de estos resultados se tipificó también la dirección dominante de los flujos de gas y las velocidades promedio del viento, parámetros que explican los procesos complejos de intercambio neto entre los flujos de origen magmático, biogénico y atmosférico. Hasta el momento se ha logrado determinar que el flujo neto de intercambio de CO2 varía entre 0.01 y 1,064 g/m2 d. Asimismo, se encontró que las direcciones dominantes del flujo de gas en el periodo diurno (9 a 18:00 h) muestran tendencias preferenciales E-W (9:00 a-11:00 h) y W-E (16:00 - 18:00 h) con velocidades de viento que varían entre los 3 y 4 m/s. A partir de los estudios PCA se evaluaron las correlaciones existentes con 17 variables seleccionadas para determinar la influencia de éstas sobre el flujo difusivo-advectivo del CO2, y de manera preliminar, se observó una mayor correlación entre el flujo de CO2, la precipitación y el flujo de vapor de agua. Mayores detalles de los resultados del estudio geoquimiométrico, incluyendo la infraestructura experimental son presentados en este trabajo de póster.

GGA-3

RIESGO POTENCIAL A LA SALUD HUMANA POR PB EN SUELOS CONTAMINADOS DE LA CDMX

Sandoval Diez Nekane¹, Romero González Franco

Gabriel¹, Romero Francisco² y González Hernández Galia³

¹Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

nekis_10@hotmail.com

La principal fuente antropogénica de plomo en la Ciudad de México (Cd Mx) está asociada al uso histórico de gasolina con plomo, práctica que actualmente se encuentra prohibida. El plomo asociado con la gasolina, que se depositó en el suelo de la Cd Mx, en el pasado, puede estar actualmente como una mezcla de carbonatos, óxidos, sulfatos y fosfatos; que son compuestos con diferente grado de solubilidad. Se ha documentado que la exposición crónica al plomo es causa de las afectaciones negativas en los sistemas cardiovascular, hemático y neurológico en la población infantil y, actualmente, es considerado un riesgo para la salud humana y un problema de salud pública a nivel mundial. Sin embargo, para que el plomo pueda representar un riesgo al ambiente y salud humana debe estar en formas disponibles para que pueda ser liberado bajo condiciones ambientales (geodisponibilidad) o bajo condiciones gástricas (bioaccesibilidad). Considerando lo anterior, se realizó un estudio con el fin de inferir el riesgo potencial ambiental y a la salud humana que representa el plomo en los suelos de la Cd Mx. Se realizaron dos campañas de muestreo: exploración y detalle. En la campaña de exploración se colectaron 10 muestras de suelo superficial en la parte norte y centro de la zona urbana de la Cd Mx, donde se concentra el sector industrial y hay mayor flujo vehicular. En la campaña de detalle se colectaron 35 muestras en las zonas donde se determinaron las mayores concentraciones totales de plomo, en las muestras obtenidas en la etapa de exploración. Las concentraciones totales de plomo se determinaron por fluorescencia de rayos X. Las concentraciones geodisponibles y bioaccesibles se determinaron utilizando la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana para suelos contaminado con metales (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004), que consiste en extraer el plomo, del suelo, utilizando como extractante agua en equilibrio con la atmosfera (geodisponibilidad) y una solución que simula los jugos gástricos (bioaccesibilidad). Los análisis de los extractos se realizaron utilizando la técnica de ICP-AES. Los resultados indican que la concentración total de plomo varía entre 26 y 1186 mg/kg; en cambio las concentraciones geodisponibles no fueron detectadas por la técnica de análisis, lo que significa que el plomo puede estar asociado a fases sólidas químicamente estables bajo las condiciones ambientales, por lo que no representa un peligro para el ambiente. Sin embargo, la bioaccesibilidad del plomo varían entre 40 y 100%. Estos valores de bioaccesibilidad del plomo son relativamente altos y muy altos, lo que sugiere que este elemento tóxico está asociado a fases sólidas con diferente solubilidad o estabilidad bajo las condiciones gástricas y que, por lo tanto, podría representar un riesgo potencial para la salud humana expuesta. Para corroborar el riesgo potencial a la salud humana es necesario realizar un biomonitoreo con el fin de determinar el contenido de plomo en sangre de la población infantil expuesta de la Cd Mx.

GGA-4

ESTUDIO GEOELÉCTRICO Y GEOQUÍMICO EN SITIOS AFECTADOS POR DERRAME DE HIDROCARBURO EN LA REGIÓN DE ACATZINGO, PUEBLA

Lara Guzmán Uriel, Sánchez Rocha, Javier Gustavo, Ortigoza González Jesús, Álvarez López Gerardo, Castillo Román José y Teutli León María Maura Margarita
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
uriel.laraguzman@gmail.com

La extracción ilegal de hidrocarburos constituye una potencial fuente de contaminación de suelos, a través de derrames suscitados por fenómenos antropogénicos, los hidrocarburos pueden afectar directamente las propiedades del suelo de manera relativamente inmediata teniendo repercusiones sobre la salud humana, del mismo modo, deterioran la calidad del agua proveniente de

acuíferos, por lo tanto y con el fin de contrarrestar el impacto ambiental se realizan remediaciones en los suelos afectados. El presente trabajo se encuentra enfocado a la contaminación de los suelos de la región de Acatzingo de Hidalgo, Puebla. En un área afectada por derrame de diésel en el año 2014, producto de una toma clandestina del poliducto Minatitlán-México, la cual fue en gran parte remediada. Sin embargo, en una visita de campo se encontraron remanentes a una profundidad de 88 centímetros, lo cual nos indica la movilidad y descenso de la pluma contaminante. Por tal motivo, se propone un análisis del suelo mediante métodos directos e indirectos efectuados en dos etapas, la primera consiste en el análisis químico del suelo mediante la toma de 46 muestras en un área comprendida de 3.47 hectáreas aproximadamente en la región antes mencionada. En dicho análisis de 24 parámetros fisicoquímicos, se muestran anomalías en la composición química del suelo, las cuales podrían estar asociadas a un remanente de la contaminación de hidrocarburo en la zona de estudio, repercutiendo en la productividad de los suelos comprendidos. La segunda etapa, es complementada con análisis geofísicos de tipo geoelectrico considerando que, anteriormente, fue realizado un estudio donde se asociaron valores de resistividad con los suelos mayormente contaminados (24 a 36 ohm.m), los cuales están vinculados a altas concentraciones de hidrocarburos por encima de los límites máximos permisibles, usando este criterio como calibración y con base en la correlación resistividad – contaminación, se identificará la presencia de una pluma contaminante la cual este migrando a niveles más profundos poniendo en riesgo el acuífero.

GGA-5

ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA CUENCA DE DRENAJE DE LA PRESA LA PURÍSIMA, GUANAJUATO

Rueda Garzon Luisa Fernanda¹, Miranda-Avilés Raúl²,
Puy Alquiza María Jesús² y Zanoor Gabriela Ana³

¹Maestría en Ciencias del Agua, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato

²Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

³Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Irapuato, Universidad de Guanajuato
lf.ruedagarzon@ugto.mx

La contaminación con metales pesados de las aguas superficiales y subterráneas es uno de los principales problemas en México, siendo Guanajuato de los estados más afectados, pues es conocido que los sedimentos de la cuenca del Río Guanajuato históricamente han contenido jales mineros y minerales de la erosión natural. Uno de los puntos críticos es el área de la presa La Purísima, donde diversos autores han reportado niveles anómalos de metales como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Selenio (Se), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cobre (Cu), y Arsénico (As). Conocer la proveniencia de los metales que son aportados al embalse de la Presa La Purísima es muy importante ya que este reservorio forma parte del área de recarga del acuífero Silao-Romita. La zona de estudio se localiza hacia el sector sur de la Mesa del Centro y el norte del eje Neovolcánico, en el estado de Guanajuato, municipio de Guanajuato, dentro de la cuenca del río Lerma-Santiago, subcuenca del río Guanajuato; abarcando un área aproximada de 482.67 Km². Se recolectaron 35 muestras de sedimentos, tomadas en la cuenca del Río Guanajuato hasta la desembocadura con la presa La Purísima. En este trabajo se presentan los resultados preliminares sobre la mineralogía, petrografía y geoquímica de sedimentos para resolver su procedencia (natural o antropogénica). Estos análisis también ayudarán a la localización de la fuente de contaminación y su extensión a lo largo de las corrientes hídricas.

GGA-6

FUENTES DE METALES PESADOS Y ENRIQUECIMIENTO ANTROPOGÉNICO EN EL AMBIENTE CIRCUNDANTE AL CAMPO GEOTERMOELÉCTRICO DE CERRO PRIETO, MÉXICO

González Acevedo Zayre Ivonne¹, García Zarate Marco Antonio¹,
Núñez Zarco Estrella Azalia² y Anda Martín Brenda Irene³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²CICESE/CeMIE-Geo

³CICESE

zgonzalez@cicese.mx

La importancia de realizar un estudio ambiental es cuantificar los aportes antropogénicos e identificar sus posibles fuentes. El campo geotermoeléctrico de Cerro Prieto (CGCP) es el más grande de México, es el cuarto más grande a nivel mundial y comenzó sus operaciones en abril de 1973. Estudios ambientales previos en la zona, no habían correlacionado las concentraciones de metales pesados en matrices ambientales como el agua, el aire, el suelo y la vegetación. Por lo tanto, en este trabajo se hizo una correlación de la huella ambiental geotérmica del agua y el aire del CGCP, en el suelo y la vegetación circundante. Esto permitió la identificación de metales pesados de otras fuentes diferentes a la actividad geotérmica de la región como son: Cr, Mn, Pb, Pd, Ru, V y Zn. Los factores de enriquecimiento del suelo sugieren que el Cl, Na y Sb están naturalmente enriquecidos en la zona. Así mismo, el S en el aire, proviene principalmente de fuente geotérmica y se encuentra enriquecido en las hojas de *Allenrolfea occidentalis*.

GGA-7

REMEDIACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO SAN DAMIÁN TEXOLOC, TLAXCALA, MÉXICO

Fariás Núñez Octavio Arturo¹, Mireles Arellano Fernando² y Martínez Mendoza Amayrani²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²IPN

geofisicofarias@gmail.com

El río de San Damián Texoloc, se encuentra al NE del pueblo atravesando la mayor parte del estado de Tlaxcala. El río es principalmente usado por varios municipios para el desagüe de aguas negras, comentan los habitantes del pueblo, que, el río hace aproximadamente 40 años se encontraba en buen estado y el agua que corría por su cauce era potable. Actualmente los desechos humanos lo han contaminado de manera extrema a tal grado de que el río tiene un olor desagradable que se puede percibir varios metros lejos de su orilla, sin mencionar que al acercarse el color es café oscuro sin poder apreciar el fondo de este. Lo más sencillo para el hombre desde hace muchos años ha sido arrojar las aguas negras a los ríos, lagos, mares; ya que, la topografía y el cauce de estos ayuda a transportar estos desechos de una manera más sencilla y/o diluirlos. Cuando se hizo un recorrido río arriba hasta la presa Panotla, se pudo observar que los municipios río arriba son los que se encuentran vertiendo sus desechos al río y por lo tanto este llega a San Damián Texoloc ya contaminado. En la visita a la región se platicó con los habitantes del pueblo, los cuales comentan que utilizan el agua del río para resfriar sus tierras de cultivo, entendemos por resfriar al saturar el suelo antes de sembrar. El suelo de la región es de composición arcillo-arenosa con alto contenido de ceniza volcánica, esto nos indica que su índice de permeabilidad es bajo (Tepetate). Realizando un análisis del dato se puede concluir que si los habitantes resfrían sus tierras de cultivo con el agua del río están, vertiendo contaminantes dañinos a la tierra que les da sustento. También se debe tomar en cuenta que sus pozos de agua potable se encuentran cerca del río contaminado. Afortunadamente se detectó que la zona aún puede ser remediada. En un recorrido por el río contaminado se una parte donde el agua que corría paralelamente al cauce mayor del río está totalmente transparente e inodora. Lo cual nos llevó a analizar detenidamente por qué río arriba no se encontraba limpia y río abajo si estaba limpia. La hipótesis es que, río arriba se filtra por las fallas y fracturas, el suelo actúa como filtro natural del agua contaminada y río abajo por presión y desnivel el agua brota limpia de nuevo en el río. La posible solución al problema es generar una presa filtradora debajo de la presa Panotla (presa de retención de sólidos) con las rocas de la región, mismas que están filtrando de manera natural el agua contaminada. El fin es poder usar los materiales geológicos de la que visiblemente están remediando de manera natural el ecosistema y de esta manera no alterarlo introduciendo otros que quizá lo modifiquen.

GGA-8

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE SEDIMENTOS DEL LAGO DE XOCHIMILCO

Albarrán Santos Marco Albán¹ y Ortega Guerrero Beatriz²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

maalbarrans@ciencias.unam.mx

En la zona del lago de Xochimilco se han hecho numerosos estudios sobre el impacto ambiental ocasionado por la ocupación humana desde la actualidad hasta la época prehispánica, de la que existen registros de presencia humana desde 4,200 años aC. Sin embargo son escasos los estudios de las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas del Holoceno y Pleistoceno tardío. El objetivo del trabajo es determinar las variaciones paleoambientales ocurridas del final del Pleistoceno al Holoceno en la cuenca de Xochimilco, registradas en una secuencia lacustre de 2.46 m, que abarca de ca. 18.14 ka cal AP hasta ca. 1.7 ka cal AP, a través del análisis de propiedades magnéticas e indicadores geoquímicos. La secuencia se dividió en tres unidades magnéticas (UMI-III), de acuerdo con la concentración de minerales magnéticos, es decir, con base en los valores de $\#f$, $\#ARM$ y $SIRM$. La UMIII contiene 2 tefras de identificadas como la pómez Tutti Frutti y probablemente la pómez Toluca Superior. Está dominada por Ti-magnetitas con presencia de goethita. Presenta el mayor aporte de detritos y la mayor concentración de partículas magnéticas de la secuencia, en general con alta Hcr y bajo S300. Abundan los granos SP y SD. La vegetación está dominada por la fracción acuática (Corg/N bajo). La UMII presenta valores bajos de $\#f$, $\#ARM$, $SIRM$ y $HIRM$. La parte media de esta unidad está caracterizada por un aumento en Ca y en las relaciones Fe/Ti y Ca/Ti, que coinciden con los valores más bajos de concentración de ferrimagnéticos y la disminución en el contenido de granos SP ($\#fd\% < 1.86$ y bajos $SIRM/\#f$) y SD ($ARM/SIRM$), así como el aumento de minerales duros (alta Hcr). El incremento está acompañado por valores altos de Corg/N (> 20). La mineralogía magnética en la UMI está dominada por Ti-magnetitas. Presenta un contenido de Ti y $\#f$, $\#ARM$ y $SIRM$ relativamente altos. La Hcr es alta en la superficie. A pesar de la presencia de minerales más duros, el cociente S300 indica la predominancia de minerales suaves en toda la unidad; la $HIRM$ corrobora el bajo aporte relativo de los minerales duros. El contenido de partículas SP y SD es relativamente alto ($\#fd\% \# 4-6\%$; alto $SIRM/\#f$). El contenido de Fe, Ca y las relaciones Ca/Ti y Si/Ti se mantienen relativamente bajas y constantes, mientras que la relación Fe/Ti aumenta hacia la superficie. La relación Corg/N varía de $> 20\%$ en la base a 12-15% en la cima.

GGA-9 CARTEL

MINERALOGÍA MAGNÉTICA DEL MATERIAL PARENTAL DE UN SUELO VOLCÁNICO Y SU RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN PEDOLÓGICA Y EL AMBIENTE

Rivas Ortiz Jorge F.¹, Ortega Guerrero Beatriz² y Solleiro Rebollo Elizabeth³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

jorger@geofisica.unam.mx

En los últimos años se ha registrado un continuo y creciente interés por estudiar la mineralogía magnética de los suelos volcánicos con diferentes enfoques, en una amplia gama de investigaciones, que cada día se diversifica más. Esto se debe, a las ventajas operativas de las técnicas del magnetismo de rocas sobre la mayoría de los métodos utilizados en los estudios pedológicos, y a la capacidad de los horizontes para preservar evidencias de los cambios en las condiciones ambientales (memoria del suelo) que ocurren durante su pedogénesis. Aquí se muestra el ejemplo de la metodología que se ha estado utilizando para llevar a cabo el estudio de las propiedades magnéticas en suelos volcánicos desde una perspectiva magnético-pedológico-ambiental. Éste consiste en estudiar la mineralogía magnética y sus propiedades en un suelo volcánico arcilloso, de color amarillo/rojizo, ligeramente ácido, desarrollado bajo una cubierta forestal, con valores medios anuales de 1,100 mm/a y 24°C de precipitación y temperatura, respectivamente. El objetivo es demostrar la importancia que tiene el material parental sobre la formación del suelo para establecer la influencia que éste tiene en la mineralogía magnética, y como esto puede controlar el desarrollo del perfil. De esta manera, la caracterización magnética del perfil puede contribuir con el aporte de información complementaria de las condiciones ambientales. Para ello, se realizaron experimentos k vs T, desmagnetizaciones térmicas (dT), y mediciones a bajas temperaturas para inferir la mineralogía magnética. También se llevó a cabo el análisis selectivo de las variaciones registradas a profundidad en un conjunto de parámetros magnéticos como x, SIRM, x_{fd}%, S100, S300, (perfiles magnéticos), su análisis conjunto por medio de diagramas de dispersión, y de algunas propiedades No-magnéticas (color, pH, etc). Los resultados muestran ligeras variaciones en la composición magnética, en donde lo que predominan son las titanio(magnetitas/maghemitas) pobres en Ti, con un espectro variables de coercitividades (magnetita, maghemita, goethita y hematitas) que sugiere variaciones ambientales ocurridas durante su formación. Esto como resultado de una pedogénesis gradual y continua, con una tasa de moderada alta. De esta manera, los datos podrían contribuir con el aporte de información sobre para los estudios pedológicos y ambientales.

GGA-10 CARTEL

ESTUDIO DE LA MINERALOGÍA MAGNÉTICA EN SUELOS VOLCÁNICOS ARCILLOSOS EXPANSIVOS: EJEMPLO DE UN REGISTRO DE PEDOGÉNESIS Y CONDICIONES AMBIENTALES

Rivas Ortiz Jorge F.¹, Ortega Guerrero Beatriz¹, Solleiro Rebollo Elizabeth², Cabadas Báez Héctor V.³ y Díaz-Ortega Jaime²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Facultad de Geografía, UAEM

jorger@geofisica.unam.mx

Se presentan los resultados del análisis selectivo de algunos parámetros del magnetismo ambiental realizados para comparar las propiedades de la mineralogía magnética de suelos volcánicos arcillosos, que reflejan evidencias de una pedogénesis de tipo Vertisol. Este tipo de suelos se caracterizan por tener expansivos, lo que les imprime uno de sus rasgos pedológicos característico slickensides, como resultado de la dinámica que presentan. Esto se vincula con el ambiente estacional, lo que influye a su vez en el tipo e intensidad de los procesos pedogenéticos (p.ej., expansión/contracción, oxidación/reducción). El propósito de este estudio es establecer un patrón magnético, pedogénesis magnética, que relacione la mineralogía magnética de estos suelos y sus propiedades con las condiciones ambientales actuales. Con ello, se podrá determinar si la capacidad de la memoria del suelo del Vertisol volcánico es variable, al comparar la información con algunos perfiles antiguos. Se llevó a cabo el estudio comparativo de una selección de parámetros magnéticos que permiten inferir la posible composición de las partículas magnéticas de los suelos, el análisis de sus propiedades y variabilidad a profundidad (perfiles magnéticos), y de manera conjunta a través de diagramas de dispersión. Los resultados muestran que los suelos están compuestos principalmente de titanio(magnetitas/maghemitas) con un alto contenido de titanio, mezclados con un espectro variable de coercitividades que incluyen hematita y goethita. Los perfiles, se han caracterizado por tener un aumento magnético superficial, con una baja concentración de ferrimagnéticos (comparado con otros suelos arcillosos de mayor evolución pedológica), predominantemente de tamaño grueso. Estos resultados sugieren que los Vertisoles poseen una pedogénesis magnética propia y característica que se preserva a pesar del tiempo y del grado de desarrollo, para los suelos estudiados.

GGA-11 CARTEL

REGISTROS GEOQUÍMICOS Y PALEOAMBIENTES EN LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DE LA CUENCA DE XOCHIMILCO

García León Sandra y Ortega Guerrero Beatriz

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

sandy.garcia@ciencias.unam.mx

Las fluctuaciones climáticas y ambientales registradas en sedimentos continentales y marinos pueden ser analizadas a través de la medición de parámetros geoquímicos. Entre los métodos más utilizados, está la cuantificación de las fluctuaciones climáticas y ambientales registradas en sedimentos continentales y marinos pueden ser analizadas a través de la medición de parámetros geoquímicos. Entre los métodos más utilizados, está la cuantificación de elementos mayores. La cuantificación de los elementos químicos puede proporcionar información sobre procesos erosivos, diagenéticos, caída de ceniza volcánica, intensidad de intemperismo y extensión de cubierta vegetal, entre otros. Los estudios que utilizan escáneres de alta resolución que incorporan la espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX), representan una importante innovación en el análisis de los núcleos de sedimento. Su impacto se basa en su capacidad para analizar de forma rápida, no destructiva y automática los núcleos y al proporcionar información cuantitativa de los indicadores de cambio ambiental (proxy), además de producir perfiles geoquímicos a lo largo de la longitud del núcleo, estos escáneres también permiten estudiar la heterogeneidad espacial dentro del sedimento a través de imágenes ópticas de alta resolución, radiografías o imágenes micro-XRF 2D de composición elemental. Estos perfiles elementales, típicamente entre el Al y el U medidos a intervalos de 1 cm, se utilizan para estudios de reconocimiento y correlaciones estratigráficas básicas que sirven para identificar eventos paleoclimáticos y paleoambientales.

GGA-12 CARTEL

CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA Y MECÁNICA DE ROCAS MÁFICAS FRACTURADAS COMO RESERVORIOS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Solis Alejandro y Cerca Mariano

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

alexandro.solis@gmail.com

En años recientes se ha incrementado el interés por almacenar en repertorios geológicos el dióxido de carbono (CO₂) que se produce por la combustión de hidrocarburos fósiles. El CO₂ liberado a la atmósfera es uno de los gases de invernadero que aceleran el calentamiento global. Por este motivo es de gran importancia conocer la micro-estructura de la roca en la que se va a almacenar. Se seleccionaron muestras representativas de lavas máficas del enjambre de diques de Nanchititla para conocer la petrografía, minerales y alteración, textura y estructuras internas de la roca. A partir de las técnicas de la Microtomografía de Rayos X (realizada en el LUMIR, CGEO) y la tomografía óptica se demostró el medio poroso de la roca para hacer una comparación de estas técnicas. Microtomografía de Rayos X (LUMIR) es una técnica que permite obtener imágenes del interior de la muestra sin destruirla, en alta resolución para después poderla observar en una imagen tridimensional. Se observaron la orientación de los cristales, se clasificaron las fases (% de mineral y matriz), fracturas, porosidad y permeabilidad (siempre y cuando haya conectividad en su medio). Para la técnica de tomografía óptica, se realizaron cortes o secciones a la roca además de fotografías a cada sección para así hacer una reconstrucción en 3D. Se discute la aplicación de estas técnicas para estimar la capacidad de almacenamiento que pueden tener los materiales.

GGA-13 CARTEL

PRONÓSTICO DE LA EMISIÓN DE CO₂ MEDIANTE EL ANÁLISIS ESPECTRAL DE SERIES TEMPORALES COLECTADAS EN UNA ESTACIÓN MICROMETEREOLÓGICA DE EDDY COVARIANCE: EL CASO DE PROSPECCIÓN DE LA ZONA GEOTÉRMICA DE ACOCULCO, PUEBLA

Vázquez Barragán Jesús Alfonso¹, Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando², Pérez Zárate Daniel³, Guevara Mirna⁴, Cardoso Héctor² y Gómez Salgado Zoila Gíomar¹

¹Centro Universitario de Tonala, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Energías Renovables, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

javaba@ier.unam.mx

En estudios previos de exploración, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) identificó la caldera geotérmica de Acoculco, Puebla, como un sitio potencial para desarrollar en el futuro un sistema geotérmico mejorado (López-Hernández et al., 2009; Lorenzo Pulido et al., 2011). Por ser un yacimiento de roca seca caliente, las manifestaciones geotérmicas en la caldera o en las zonas regionales son muy escasas y se limitan en el sitio a sistemas de flujo de gas dominante (Peiffer et al., 2014). Los Azufres es una de las zonas anómalas caracterizada por un proceso de desgasificación intermitente en donde se han medido altas concentraciones de

gases como CO₂, H₂S, CH₄ y ²²²Rn (Almirudis et al., 2017; Santoyo et al., 2017). El trabajo que se presenta forma parte de los estudios integrales de geoquímica no-convencional que se realizan en el marco del proyecto P09 del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo). Estos estudios se han realizado para conocer el comportamiento del flujo neto de CO₂ de la zona de Los Azufres, así como para establecer la relación con otras variables meteorológicas y de turbulencia para predecir la dinámica de transporte del gas. Con estos propósitos, se utilizaron modelos basados en el análisis espectral de series temporales del flujo de CO₂ y demás variables meteorológicas colectadas en una estación micrometeorológica de Eddy Covariance. A partir del filtrado de señales: suavización y descomposición se logra atenuar la amplitud (alta frecuencia) y el ruido presente en los perfiles temporales de variación de estas variables. Las mejores funciones obtenidas del análisis espectral fueron usadas como modelos de interpolación para rellenar la discontinuidad del registro (o huecos en las bases de datos del sistema de medición), los cuales fueron ocasionados por situaciones particulares del cambio de clima en el sitio de medición. Estos problemas han sido documentados en la literatura como uno de los problemas más importantes del sistema Eddy Covariance. Se encontró que los modelos de pronóstico ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) y de análisis de Fourier reprodujeron con confiabilidad los datos reales medidos en el campo con una exactitud promedio < 30 %. Los principales resultados encontrados en estos estudios son reportados con mayor detalle en este trabajo de investigación.

GGA-14 CARTEL

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN LA CUENCA TAMPICO-MISANTLA

Medina Romero Erik
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
erizo_mero@hotmail.com

El almacenamiento geológico de CO₂ es una opción muy importante para reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, propuesta por la Agencia Internacional de Energía (2008). En México, los estudios realizados para la selección de sitios potenciales siguen la metodología propuesta por Bachu (2008), la cual incluye los niveles de resolución País, Cuenca, Regional, Local y Sitio. Actualmente se han efectuado estudios a escala País (se seleccionaron nueve provincias potenciales), Cuenca (se estimó la capacidad de almacenamiento teórico en las provincias) y Regional (se estimó la capacidad de almacenamiento efectivo en regiones de las provincias de Coahuila y Burgos). En este estudio se establece un marco geológico de referencia para la selección de sitios potenciales para almacenamiento geológico de CO₂ en la Provincia de Tampico-Misantla, analizando las características de los ambientes sedimentarios en los que se depositaron las unidades geológicas para seleccionar aquellas que puedan fungir como almacenes o sellos. Con este análisis se determinaron tres sistemas de almacenamiento (roca almacén y sello) pertenecientes a la secuencia tectonoestratigráfica de syn-rift y dos sistemas de almacenamiento pertenecientes a la secuencia de margen pasivo. Posteriormente se realizó un estudio estructural para determinar el tipo de estructuras en las que se almacenaría el CO₂, así como el régimen de esfuerzos actuales para prever el comportamiento del fluido al ser inyectado.

GGA-15 CARTEL

TÉCNICA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ANTIMONIO EN RESIDUOS MINEROS

Ceniceros Nora¹, Armienta M. Aurora¹, Molina Alexia²,
Cruz Ronquillo Olivia¹ y Aguayo Ríos Alejandra¹
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra
nora@geofisica.unam.mx

La presencia de antimonio en jales mineros es de particular importancia, ya que, aunque no es considerado un contaminante mayor, la determinación de los niveles de concentración en residuos cuya inadecuada disposición posibilita su liberación hacia el ambiente es relevante debido a su naturaleza tóxica. Aunque en México no existe una norma que establezca una concentración máxima en agua o en suelo, en otros países los niveles máximos son bajos, por ejemplo en Estados Unidos, la Environmental Protection Agency (EPA) permite una concentración máxima de 0.006 mg/L de agua potable, y la World Health Organization (WHO) establece un máximo permisible de 0.005 mg/L. El antimonio es un elemento que se encuentra en la naturaleza en numerosos minerales como antimonita (estibnita, Sb₂S₃), kermesita (Sb₂S₂O), valentinita (Sb₂O₃), cervantita (Sb₂O₄) y en sulfosales. La disposición de los residuos mineros al aire libre y el desarrollo de procesos de drenaje ácido de mina (DAM) no controlados, son factores generadores de contaminación del suelo y los recursos hídricos. La contaminación por Antimonio ha sido poco estudiada. Por otro lado, debido a sus características químicas es un metaloide difícil de analizar por técnicas directas como la espectroscopia de absorción Atómica (EAA). Además, la complejidad de los jales complica su adecuada determinación. En este trabajo se presenta la puesta en marcha y optimización del análisis de antimonio mediante Generación de Hidruros acoplado a EAA. Se colectaron muestras de diversos depósitos de jales en la zona minera de Zimapán, Hidalgo. Los resultados

mostraron diferencias importantes en sus concentraciones que se relacionan con la mineralogía de los yacimientos cuya explotación y procesamiento originaron cada depósito.

GGA-16 CARTEL

ESPECIACIÓN Y ATENUACIÓN NATURAL DE ARSÉNICO Y METALES PESADOS EN SUELOS CONTAMINADOS POR JALES MINEROS

Armienta M. Aurora¹, Deng Youjun², Schwab Paul A.², Morgan Luke R.², Cruz Ronquillo Olivia¹,
Aguayo Ríos Alejandra¹, Cenicerros Nora¹, Pérez-Martínez Isabel¹ y Zúñiga Diana Valeria³
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Texas A&M University, TAMU, Soil & Crop Sciences Department
³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
victoria@geofisica.unam.mx

La presencia de altas concentraciones de As y metales pesados en suelos de zonas mineras es un problema ambiental importante en México y otros lugares del mundo. En muchos sitios, los residuos del procesamiento de minerales se encuentran en un entorno geológico con presencia de rocas calizas. La interacción de los residuos con este tipo de rocas puede implicar procesos de atenuación natural de los contaminantes. En este trabajo se presentan resultados preliminares de un proyecto de investigación conjunto entre la UNAM y la Universidad de Texas A&M, apoyado por el CONACYT, para evaluar el comportamiento geoquímico del As y metales pesados en residuos mineros y suelos en un entorno calizo. Se recolectaron muestras de jales, suelos y sedimentos en la zona minera de Zimapán, Hidalgo. Se determinó la composición química de las muestras utilizando fluorescencia de rayos-X y espectroscopia de absorción atómica. La identificación de minerales se realizó con difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y espectroscopia de energía dispersiva (MEB-EDS), así como espectroscopia de rayos X con sincrotrón (EXFAS y XANES). La mayor concentración de As se determinó en las muestras de jales grises (no oxidados) con 110,000 mg/kg. Los principales minerales de arsénico presentes en jales y suelos fueron la scorodita y arsenopirita. En muestras de jales oxidados se identificaron nanopartículas con presencia de Fe, Si, As y metales pesados, así como mayores contenidos de As en goethita respecto a jarosita. Se observó también asociación de Si con los dos minerales. Los análisis por XANES y EXAFS mostraron que el As se encuentra en distintos grados de oxidación. En los jales frescos (de color gris) predomina el As(-1) y en los jales oxidados (anaranjados y rojos) el As(5+). Los resultados darán información importante para el desarrollo de alternativas de remediación en la zona de estudio y en otras con características similares.

GGA-17 CARTEL

REMOCION DE FLUORUROS CON ROCAS CALIZAS EN AGUAS DE POZOS CONTAMINADOS

Cruz Ronquillo Olivia, Armienta M. Aurora, Aguayo Ríos
Alejandra, Cenicerros Nora y Morales Arredondo José Iván
¹Instituto de Geofísica, UNAM
ollicruz@geofisica.unam.mx

El agua contaminada con fluoruros constituye un grave problema de salud en México ya que en varios estados de la república se presenta esta situación. Esta contaminación es de naturaleza geológica resultado de la interacción natural que tiene el agua subterránea con algunas de las rocas volcánicas. La presencia de concentraciones mayores a las permitidas por la NOM que es de 1.5 mg/L ocasiona en el organismo humano diversos trastornos como fluorosis dental y esquelética, la primera es la más común, así como mayor susceptibilidad a generar enfermedades renales y cáncer, afectación en el desarrollo del cerebro y reducción del coeficiente intelectual de niños en edad escolar. Por tal motivo es importante buscar soluciones viables para tratar de resolver dichos problemas. El presente trabajo tiene como objetivo remover o reducir la cantidad de fluoruros presentes en aguas de pozos que tienen concentraciones hasta de 7mg/L utilizando diferente tamaño de partícula de la roca caliza formación Tamaulipas extraída de Zimapán Hidalgo, a diferentes lapsos de tiempo de contacto relación roca: agua y a distinto pH. La concentración de flúor se determinó por medio de electrodo selectivo ORION, con un equipo de medición electroquímico Thermo Orion 5 Star. En resultados preliminares se observó que a mayor relación roca: agua se incrementa la remoción. De esta manera se considera el método como una alternativa de origen natural para llevar a cabo la eliminación del fluoruro la cual es de bajo costo.

GGA-18 CARTEL

REMOCIÓN DE CR(VI) SOBRE ARCILLA ANIÓNICA (HIDRÓXIDO DOBLE LAMINAR)

Flores Cano José Valente¹, Leyva Ramos Roberto², Aguilar Madera Carlos Gilberto¹, Matías Pérez Víctor¹, Molina Espinoza Lázaro¹ y Soto Villalobos Roberto¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
jvfc_iqi@yahoo.com.mx

La contaminación de sistemas acuáticos por aniones tóxicos es un problema de gran interés ambiental y salud pública mundial. Los compuestos aniónicos del Cr(VI) son muy tóxicos y están presentes en efluentes de industrias de tenería, minera y electroplateado. El hidróxido doble laminar (HDL) es un material sintético conocido también como arcilla aniónica debido a su gran capacidad de intercambio aniónico. Los efectos del pH y temperatura de la solución en la remoción de cromo hexavalente sobre hidróxido doble laminar (HDL) fueron investigados en este trabajo. El HDL se sintetizó por método de coprecipitación a partir de MgSO₄ y Al₂(SO₄)₃ reactivos grado industrial y NaCO₃ reactivo grado analítico. Se encontró que la máxima capacidad de adsorción fue a pH 4 y que la capacidad de adsorción aumentó 4.9 veces. Este comportamiento fue atribuido a las interacciones electrostáticas entre la superficie del HDL y las especies aniónicas de cromo hexavalente en la solución. La capacidad de adsorción fue influenciada ligeramente al disminuir la temperatura en el intervalo de 35 a 15 °C.

GGA-19 CARTEL

EROSIÓN HÍDRICA EN CUENCAS DEL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO

Mar Ponce Ana Beatriz, Pérez Morga Nancy y Flores Trujillo Juan Gabriel
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
beatriz.mar06@hotmail.com

Resumen: La erosión hídrica es uno de los principales problemas ambientales en todo el mundo, particularmente en la modificación del paisaje de las cuencas. El sureste de la República Mexicana está afectado por diferentes formas de la erosión hídrica pero en la actualidad no existe información sobre el impacto en el estado de Campeche. El conocimiento de la tasa de erosión en un sitio es fundamental para decidir el manejo y las medidas de conservación del suelo. En este trabajo se implementará la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (RUSLE, 1978), para determinar la degradación del suelo por erosión hídrica en cuencas hidrológicas del estado de Campeche. Este modelo se representa como una ecuación de seis factores: factor de lluvia y escorrentía (R), erodibilidad del suelo (K), longitud de la pendiente (L), grado de pendiente (S), manejo y cobertura (C) y prácticas de conservación (P), que responden a las características ambientales determinantes de la erosión. Para ello se utilizarán Sistemas de Información Geográfica, evaluando tanto condiciones de precipitación media como durante huracanes. De acuerdo a los estudios granulométricos realizados en la cuenca de Champotón, ésta presentó una asimetría positiva hacia las arenas gruesas, con suelos bien estructurados poco profundos, propiciando buenas condiciones hidrológicas para la infiltración; en el caso de la cuenca de Calakmul, se observaron suelos superficiales, sin estructura, propiciando condiciones hidrológicas hacia la escorrentía. En Champotón se observan suelos sanos, sin evidenciar algún proceso de erosión y/o efectos antropogénicos en los puntos de muestreo. Estos resultados granulométricos sirven para validar los resultados encontrados con el modelo RUSLE. En ambas regiones hidrológicas, el tipo de vegetación predominante es selva baja (19 % total en el estado de Campeche), sin embargo, existen diferencias en la composición y diversidad. También existe un 13 % de pastizal cultivado permanentemente y un 10 % de Agricultura de temporal. Con respecto a las actividades económicas de ganadería, agricultura, pesca y caza, en el estado de Campeche representan un 19%. En otros estudios, este tipo de actividades como la ganadería principalmente, ha sido asociada a erosión hídrica, por ejemplo, en la cuenca del Río Pichucalco, en Villa Hermosa, Tabasco se ha observado que parte de la cuenca requiere atención prioritaria de práctica de conservación del suelo asociado al efecto de la ganadería extensiva en laderas. En cuencas costeras de Chiapas también se ha encontrado que después del huracán Stan la cobertura de vegetación se redujo notablemente con su efecto en la erosión. Finalmente, aunque la topografía no es una variable que repercuta en la erosión del suelo en el caso de las cuencas de Campeche, esta erosión hídrica se lleva a cabo por procesos de lluvia-escorrentía, así como actividades ganaderas y la agricultura.

GGA-20 CARTEL

SECUENCIA SEDIMENTARIA LACUSTRE DE LA CUENCA DE XOCHIMILCO Y SUS IMPLICACIONES PALEOCLIMÁTICAS EN EL CENTRO DE MÉXICO

Cruz Guadalupe Vianey y Ortega Guerrero Beatriz
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gupe.vianeygeo@gmail.com

Los lagos pueden ser perezosos respecto al tiempo geológico, sin embargo, son excelentes conservadores de indicadores y registros paleoclimáticos y

paleoambientales a través del tiempo. Para que se pueda formar y preservar un lago se requiere de una depresión (i.e. cuenca) y una roca o sedimento impermeable que propicie el almacenamiento del agua. Estas condiciones existen en desmesuradas situaciones y en diferentes altitudes y latitudes del planeta, en cualquier contexto geológico, geográfico, climático y ambiental. Existen lagos en cuencas producto de eventos tectónicos (eventos volcánicos, fallas activas, subsidencia, etc.). Dentro de las numerosas cuencas que constituyen el Cinturón Volcánico Transmexicano y que han sido objeto de estudio se encuentra la cuenca de México (CM), ésta a su vez se encuentra constituida por sub-cuencas, entre ellas se localiza la sub-cuenca Xochimilco ubicada al SW de la CM. Ésta presenta depósitos lacustres que constituyen registros naturales de los cambios climáticos y ambientales ocurridos en su entorno. El origen de la sedimentación lacustre y de los procesos paleoambientales-climáticos asociados a ésta, se deducen a partir de sus componentes sedimentarios. Entre éstos están los componentes biogénicos, en donde se observan predominantemente restos de plantas y animales. Dentro de los componentes clásticos se encuentran los sedimentos detríticos constituidos por granos minerales y fragmentos de rocas preexistentes. Asimismo, los componentes químicos, constituidos por deformación y alteración de minerales, crecimiento de minerales autigénicos y formación de cementantes. En este trabajo se elabora el análisis de una secuencia sedimentaria lacustre de la cuenca Xochimilco (colectada a partir de la perforación y obtención de un núcleo casi continuo); a partir de: i) análisis de facies sedimentarias, ii) análisis geoquímicos (i.e. fluorescencia de rayos X), iii) análisis magnéticos (susceptibilidad magnética). Esta secuencia sedimentaria probablemente abarca los últimos 50 mil años. Por tanto, se espera obtener evidencias sobre las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas desde los estadios isotópicos MIS 3 al MIS 1. El principal aporte de este trabajo radica en proporcionar información acerca de las propiedades geológicas en los sedimentos lacustres de la sub-cuenca Xochimilco y de condiciones paleoambientales y paleoclimáticas para el centro de México.

GGA-21 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA Y PALEOAMBIENTES DEL PLEISTOCENO TARDÍO DE LA CUENCA DE XOCHIMILCO, MÉXICO

Reyes Corona Ismerai Yazmin¹ y Ortega Guerrero Beatriz²

¹Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC

²Instituto de Geología, UNAM
iyazgeo@gmail.com

Los lagos son sistemas dinámicos que responden a factores climáticos y ambientales, como actividad tectónica, volcánica. Son archivos en cuyo registro quedan preservados indicadores bióticos y abióticos que a través de su análisis podemos obtener información relevante de las fluctuaciones climáticas y ambientales ocurridas en una región. Documentar la historia de las fluctuaciones climáticas de una región es muy importante para alimentar los modelos de cambio climático que proyectan los escenarios posibles del clima en el transcurso de las siguientes décadas. Durante el Cuaternario en la cuenca de México, ubicada en la Faja Volcánica Transmexicana, se desarrolló un sistema lacustre en cuyos sedimentos quedaron preservados indicadores de las pasadas variaciones climáticas. Estos indicadores constituyen componentes clásticos (alóctona), biogénicos (restos de organismos acuáticos y terrestres) y químicos (autigénica) de los sedimentos. En este trabajo se presenta una descripción y clasificación de una secuencia sedimentaria lacustre de 2.46 m de profundidad de la subcuenca de Xochimilco (parte SE de la cuenca de México). Así mismo, se presentan los registros de susceptibilidad magnética y geoquímica de elementos mayores (cuantificados por fluorescencia de rayos X), que proporcionan información sobre la dinámica de procesos superficiales y diagenéticos, que permiten inferir las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas. En la estratigrafía de la secuencia, se reconoció la presencia de la tefra llamada "Pómez Tutti Frutti", producto de una erupción del volcán Popocatepetl, de 17,070 años cal AP. A partir de esta edad y el resultado de un fechamiento de 14C en la parte superior de la secuencia, se estima que el intervalo analizado abarca el periodo entre 18,140 a 1,750 años cal AP. Durante el final del último máximo glacial (20-18 ka AP) y la deglaciación, entre 18,140 y 10,500 años cal AP, dominó la sedimentación clástica que indica la existencia de condiciones relativamente húmedas durante las cuales ocurrió el depósito de materiales piroclásticos producidos por la actividad explosiva de los estratovolcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca en la cuenca de México. Durante el Holoceno temprano y medio, entre 10,500 y 4,060 años cal AP se registran condiciones más secas, que tuvieron su punto máximo hacia 9,600 años cal AP. Durante el Holoceno tardío se registra un cambio a condiciones más húmedas. Estas fluctuaciones correlacionan con variaciones paleoclimáticas documentadas en registros lacustres de la cuenca del Lerma y la cuenca de México. Debido a que son prácticamente inexistentes estos estudios en Xochimilco a diferencia de numerosos estudios que se han llevado a cabo en la vecina cuenca de Chalco, este trabajo representa una importante contribución al conocimiento de las características litoestratigráficas de los sedimentos lacustres de Xochimilco y a la reconstrucción de los paleoclimas en el centro de México durante el Pleistoceno tardío y Holoceno.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizador:
Juan Morales

GEOPAL-1

VISIÓN PALEOGEOGRÁFICA DEL ARCO JURÁSICO MEXICANO A PARTIR DE PALEOMAGNETISMO EN LA FORMACIÓN NAZAS

Rodríguez-Parra Luis Alejandro y Molina Garza Roberto S.
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 arodriguez@geociencias.unam.mx

Las relaciones geodinámicas entre la parte continental de México y el resto de Norte América han sido diferentes a lo largo del tiempo. Específicamente durante el Triásico Tardío al Jurásico Medio la parte continental de México correspondía al supercontinente de Pangea y se encontraba dominada por cadenas de arcos volcánicos, producto de la subducción entre una placa oceánica y dos placas continentales distintas: Laurentia y Gondwana. Diferentes estudios previos en los sistemas de arco Jurásicos siguen una estrecha relación entre el Arco Jurásico Cordillerano en Estados Unidos, el Arco Nazas en México y los sistemas de arco Jurásico que están en la Cordillera Central de Colombia. Aunque existen diferentes evidencias geológicas de la relación entre los sistemas Jurásicos, la paleogeografía del margen convergente que generó dichos sistemas es aún un importante tema de debate. La Formación Nazas es la representación de la actividad volcánica en el sistema de arco Jurásico en el Norte de México, y es una unidad característica que puede ser correlacionable a lo largo de todos los sistemas Jurásicos, mencionados anteriormente. Por esta razón los estudios paleogeográficos de la Formación Nazas son importantes marcadores de la relación entre los sistemas de arco y el entendimiento de la evolución tectónica de la parte occidental de Pangea Ecuatorial. Rocas volcánicas de composición félsica a intermedia representadas principalmente por riolitas, andesitas flujos de ceniza, horizontes de ignimbritas verdes y materiales epiclásticos con edades comprendidas entre el Sinemuriano y el Bathonian, corresponden a la descripción litológica de la secuencia de la Formación Nazas. Dichas características litológicas y la relevancia geológica de esta formación en el estudio tectónico de Pangea Ecuatorial nos sigue que se puede realizar un estudio paleomagnético detallado para mejorar la paleogeografía del área. 19 localidades distintas a lo largo de la secuencia de la Formación Nazas fueron colectadas para análisis de paleomagnetismo, en cada una de las localidades se tomaron entre 8 y 10 núcleos a los cuales se les realizó estudio de anisotropía de la susceptibilidad magnética y de componentes paleomagnéticas por medio de desmagnetización termal y de campos alternos. La secuencia de la Formación Nazas ha sido dividida anteriormente en dos miembros principales, una parte volcánica hacia la base y otra vulcanosedimentaria hacia el tope de la secuencia. El estudio paleomagnético se acompaña además de una descripción petrográfica de las secuencias estudiadas, con el fin de entender y caracterizar los minerales magnéticos en cada uno de los tipos de roca que componen la secuencia. Finalmente, el estudio realizado muestra que el sistema del Arco Nazas ha sufrido diferentes modificaciones a lo largo del tiempo, en respuesta a los procesos de ruptura de Pangea y la apertura del Golfo de México, como fue sugerido por otros autores en distintas localidades. Además la reconstrucción paleogeográfica realizada da evidencia de transporte tectónico entre los bloques Jurásicos, lo que es explicable con un sistema convergente de subducción oblicua, como ha sido propuesto para partes más al sur del occidente de Pangea Ecuatorial.

GEOPAL-2

PALEO- AND ROCK- MAGNETIC CHARACTERIZATION OF THE SIERRA JUÁREZ IGNIMBRITE (SJI) — PRELIMINARY RESULTS

Mendoza Borunda Ramón, Cañón Tapia Edgardo, Meillón Octavio y Gradilla Luis
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 rmendoza@cicese.mx

The Sierra Juárez Ignimbrite (SJI) includes a series of pyroclastic flow deposits of late Miocene age (~ 12.1 Ma). As a group, these flow deposits form a zoned ignimbritic unit that extensively crop out in the southern region of Sierra Juárez, in NE Baja California, México. The area covered by the SJI is of about 1000 km². Their maximum thickness is ca 200 m. A conservative estimation of the volume associated with these flow deposits is 100-150 km³. The SJI is a reference rock-unit that has been dismembered by the fault system that runs along the Sierra Juárez Escarpment, and that is related to the process of opening of the Gulf of California. Nevertheless, no information concerning the vent location or the emplacement history of the SJI is available. On this work we report preliminary results of the Anisotropy of Magnetic Susceptibility, magnetic mineralogy and paleomagnetic studies of these Tertiary rocks. The AMS results suggest an east source for these distal pyroclastic flow deposits. In the other hand, the paleomagnetic data confirm that the SJI is a distinct volcanic unit. We discuss these results in terms of the tectonic and geologic evolution of the Baja California peninsula and the Gulf of California region.

GEOPAL-3

PALEO- AND ROCK- MAGNETIC RECORD OF THE SANDINO FOREARC BASIN, SOUTHWESTERN NICARAGUA: FROM LATE CRETACEOUS TO EARLY MIOCENE

García Amador Bernardo Ignacio¹, Alva Valdivia Luis Manuel¹, Palacios García Norma Betania², Borge Castro Greybin³ y Pérez Romero Elliot²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Applied Research in Earth Science, ARIES

³Instituto de Geología y Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
 bernardoiga@gmail.com

The Sandino Forearc Basin (SFB) provides a Late Cretaceous to Pliocene sedimentary record, as a consequence of the tectonic activity (i.e. subduction processes) since Late Cretaceous in the southern part of Central America. SFB currently covers the coastal plain, continental shelf and slope of western Nicaragua and NW Costa Rica. This study focuses on sampling fine-grain texture of the deep-marine volcanoclastic rocks of three main formations in SFB: (1) Maastrichtian to Paleocene Rivas Fm., (2) Eocene to Lower Oligocene Brito Fm., and (3) Upper Oligocene to Lower Miocene Masachapa Fm.; in order to obtain a good quality of the detrital remanent magnetization for a consistent paleomagnetic interpretation. It is reported results of paleomagnetism, magnetic properties and anisotropy of magnetic susceptibility from 51 sites along these three main formations in SFB, which together allow the understanding a spatial-temporal tectonic evolution of the Central America around 50 Ma of sedimentary record.

GEOPAL-4

LATE QUATERNARY PALEOSECULAR VARIATION CURVE FOR CENTRAL MEXICO

Mahgoub Ahmed Nasser, Böhnert Harald, Siebe Claus,
 Juárez-Arriaga Erick, Schaaf Peter y Ramírez Luna Angel
Centro de Geociencias, UNAM
 ahmednasser@geociencias.unam.mx

During the last decades an increasing number of paleomagnetic data from Mexican archaeological artifacts and lava flows mainly within the Trans-Mexican volcanic belt (TMVB) have been published for the past fifty thousand years. Nevertheless, scarcity, disparity and age uncertainties of these data made it difficult constructing a local secular variation (SV) curve for Mexico for the late Quaternary. It is intriguing that during this period of time the Mono Lake and the Laschamp geomagnetic excursions occurred. Their global coverage and temporal extent are still matter of debate. Moreover, over the past few thousand years short-lived periods of very high geomagnetic intensities (geomagnetic spikes) have been documented (Europe, The Levant, and Eastern Asia), which can not be explained by the current geodynamo theories. We note here that counting on precise age data for the studied materials is the main restriction for contributing to the above mentioned geomagnetic excursions and jerks. In this study we compile data from a suite of fifty five volcanic lavas, forty eight pottery fragments, and four bricks which all are located within the TMVB. The volcanic materials were dated recently mainly by the radiocarbon dating (14C) and some of them by the thermoluminescence (TL) methods, which places them into an age range between 45 Kyr to 1793 AD. The age range of the archaeological pieces is based on archeological constraints, 14C and historical data which establish a time interval from ~ 1300 BC to 1800 AD. Our new dataset together with selected previously published data are used to establish a full vector regional secular variation curve for Mexico for the late Quaternary. To accomplish this, we have used the Spherical Harmonic Analysis technique (SHA) in space, and the penalized cubic B-splines in time (Pavón-Carrasco et al., 2014). Interestingly, the above mentioned phenomena of geomagnetic excursions and jerks will be discussed in the context of these new secular variation curves, as well as the relation between these curves and the most recent global geomagnetic field models.

GEOPAL-5

PALEOMAGNETISM OF THE LOS HUMEROS CALDERA, MEXICO, AND ITS CONTRIBUTION TO THE HOLOCENE SUCCESSION OF LAVA FLOWS

Juárez-Arriaga Erick, Böhnert Harald, Mahgoub Ahmed
 Nasser, Carrasco Gerardo y Pavón-Carrasco Francisco Javier
Centro de Geociencias, UNAM
 erickja@geociencias.unam.mx

In this study, the paleomagnetic dating procedure was applied on twelve Holocene lava flows located in the Los Humeros caldera, at the eastern part of the TMVB. For this purpose, twenty sites were collected to determine their overall mean paleomagnetic direction. The paleointensity experiments using the double-heating Thellier protocols were conducted on 120 selected samples. Also, thermomagnetic analyses and hysteresis measurements were done on representative samples in order to define the magnetic mineralogy, thermal stability, and to enable us designing the heating steps required for the paleointensity experiments. Stratigraphically, all flows are younger than the Cuicuiltic (snake of varied colour) tuff which has an

14C age of ca. 6423 yr BP (Dávila-Harris and Carrasco-Núñez, 2014), and the Pre-Hispanic city of Cantona (from 600 BC to AD 900-1050) was built on top of one of the flows under study (García-Cook et al., 2010). Among the 12 studied flows, only one flow named Tenextepc has been 14C dated at ~ ca. 3900 yr BP. These ages restrict the time interval of the paleomagnetic dating to the period 5000 BC to AD 0. For this purpose, the Matlab tool archaeo dating was applied and the global geomagnetic field model SHA.DIF.14k has been used. Interestingly, our dating results show that the 12 flows under study were erupted within two main periods; 2500-1900 BC and 1300-800 BC, which indicates that the volcanic activity in this area occurred in two pulses rather than continuously.

GEOPAL-6

ARCHEOINTENSITY SECULAR VARIATION CURVE FOR MEXICO OVER THE PAST 4000 YEARS

Mahgoub Ahmed Nasser, Böhnelt Harald, Juárez-Arriaga Erick, Manzanilla Linda, Cyphers Ann y Sieron Katrin
Centro de Geociencias, UNAM
ahmednasser@geociencias.unam.mx

In this study, we have carried out archeointensity experiments on 350 specimens covering the last 4000 years, including 65 pottery fragments collected from four different archeological regions located in Central Mexico, and 6 well dated (C14) lava flows from the Trans Mexican-Volcanic Belt (TMVB). For this purpose, the double-heating Thellier experiments using the ZI and IZZI protocols have been conducted. For the archeological pieces, an orientation tray was used during the in-field heating steps so that each specimen's Natural Remanent Magnetization (NRM) individually was oriented parallel to the laboratory field (Böhnel et al., 2009). By virtue of this approach, the commonly found magnetic anisotropy could be avoided (Aitken et al., 1981; Ertepinar et al., 2012). Also, the cooling-rate correction procedure will be accomplished. Our high technical quality data with their spread along most of the investigated period of time, together with the most reliable data previously published enabled us constructing a local archeointensity variation curve for Central Mexico for the past 4 thousand years. Importantly, the new local curve model would improve the accuracy of the paleomagnetic dating approach that targets Mexican lava flows (Böhnel et al., 2016) and/or archeological artifacts. Our results report a presence of high values in the geomagnetic field intensity of 15.8 ± 0.5 Am² at ~240 BC which can be traced to the recently claimed high geomagnetic intensities (spike) that has been documented in different regions over the world (~1100 BC), and points to its subsequent emergence in Mexico.

GEOPAL-7

DATAción PALEOMAGNÉTICA DE ROCAS VOLCÁNICAS FORMADAS DURANTE EL HOLOCENO PROVENIENTES DE FLUJOS DE LA LAVA DEL VOLCÁN CEBORUCO, OCCIDENTE DE MÉXICO

Cervantes Solano Miguel Angel, Gogichaishvili Avto, Morales-Contreras Juan Julio, Rosas Elguera José, Cejudo-Ruiz Ruben y Díaz-Ortega Ulises
Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia
miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

El fechamiento paleomagnético está basado en el hecho de que las rocas contienen pequeñas cantidades de minerales magnéticos que pueden registrar la dirección y la intensidad del campo magnético de la Tierra presentes en el momento de su formación. Cuando se dispone de una curva de variación secular para un área geográfica determinada, el registro paleomagnético que se obtiene de las rocas puede compararse y proporcionar un fechamiento preciso del momento de emplazamiento de las rocas estudiadas. En el presente trabajo se aplica este método de datación a rocas provenientes de cinco flujos de lava que pertenecen al campo volcánico Ceboruco en Jalisco, Occidente de México, utilizando el modelo de predicción de campo geomagnético SHADIF14K a partir de las componentes paleomagnéticas. Se estudiaron cinco flujos de lava que corresponden con cinco eventos eruptivos bien documentados y que cuentan edades establecidas por métodos radiométricos (C14). En dos de los sitios estudiados las nuevas edades obtenidas coinciden con las previamente reportadas, en un sitio se obtiene una edad que difiere considerablemente atribuyéndose posiblemente a que las rocas utilizadas en nuestro estudio se emplazaron en un tiempo diferente o bien a que la edad obtenida mediante Carbono no corresponde al momento de enfriamiento de la lava sino al carbón asociado a la formación rocosa de donde se tomó esa muestra. En dos sitios no fue posible determinar edades debido a que los depósitos pudieron haber sufrido alguna rotación o desplazamiento posterior al emplazamiento que no fueron advertidos durante el muestreo.

GEOPAL-8

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE PALEO/ARQUEO INTENSIDADES GEOMAGNÉTICAS

Morales Juan¹ y Cazarez Barboza Marco Anyelo²

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
moralesjuanjulio@gmail.com

Mientras que la dirección del campo geomagnético antiguo puede ser determinada directamente de las muestras paleomagnéticas tomadas en campo, la estimación de su (paleo/arqueo) intensidad se hace de forma indirecta a través de diferentes metodologías propuestas desde los años 50's, siendo procedimientos laboriosos y de larga duración. De entre las diferentes metodologías propuestas para este fin, aquellas basadas en la utilización de múltiples especímenes han ganado gran aceptación recientemente, entre otros motivos, por su aplicabilidad a muestras con mineralogías magnéticas excluidas por metodologías tradicionales y su rapidez. Para su implementación, a grandes rasgos, se requieren 4 calentamientos de la muestra a una misma temperatura en presencia de un campo magnético de laboratorio paralelo (antiparalelo, en uno de los casos) a la magnetización de la muestra. Esto se hace normalmente orientado manualmente la dirección de la magnetización de la muestra en la dirección del campo de laboratorio. Alternativamente se puede generar el campo de laboratorio de forma paralela a la dirección de la magnetización de la muestra en cuestión. Si la orientación del campo de laboratorio se hace electrónicamente, de forma automatizada, la introducción de incertidumbres por errores de tipo humano disminuye significativamente, además de que el tiempo del proceso se acortaría también de forma significativa. Con lo anterior se podrían obtener un mayor número de determinaciones confiables de paleointensidad en un menor tiempo, ayudando a conocer mejor las variaciones experimentadas por el CMT en el pasado. Se presentan los resultados de paleo/arqueo intensidad obtenidos con un prototipo del sistema automatizado desarrollado y se discuten sus ventajas.

GEOPAL-9 CARTEL

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE NEJAPA, NICARAGUA

Rodríguez Trejo Alejandro¹, Alva Valdivia Luis Manuel², Perrin Mireille³, Hervé Gwenaél³ y Zambrana Areas Xochitl Esther⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE), UMR 7330, CNRS, Aix-Marseille Université, IRD

⁴Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua
alekz_igt@hotmail.com

La zona de Managua-Masaya se encuentra en la región central de Nicaragua, muy cerca de la trinchera centroamericana. Tectónicamente se ubica dentro del graben de Managua, y esta delimitada por las fallas de Nejapa y Cofradía. El volcanismo de la región se asocia directamente a la subducción de la placa de Cocos por debajo de la placa del Caribe. Se colectaron muestras pertenecientes al Campo Volcánico de Nejapa (CVN), el cual presenta actividad explosiva y cubre gran parte de las ciudades de Managua y Masaya, donde se encuentran diferentes depósitos volcánicos. Se presentan resultados de variación secular, de propiedades magnéticas y paleointensidad, pertenecientes a 8 flujos piroclásticos y 8 flujos de lava, emplazados durante el Holoceno y hasta tiempos históricos. Se llevaron a cabo experimentos de propiedades magnéticas: susceptibilidad vs. temperatura, ciclo de histéresis, curvas de FORC, IRM y dIRM. Se seleccionaron las muestras viables para el proceso de paleointensidad del CGM, para el cual se utilizó un 70% del total de la muestra. Se observó que el principal mineral portador de re la remanencia es la titanomagnetita con bajo contenido de titanio, así como tamaños de grano pequeños. Los parámetros de magnetización que van de 0.09 # Mrs/Ms # 0.44, y coercitividad que van de los 1.5 # Hcr/Hc # 3.8, representan una mezcla de SD+MD principalmente. Se desmagnetizó por campos alternos y por temperatura, para el análisis direccional y paleointensidad absoluta por el método de Thellier-Thellier (Thellier, Thellier 1959), con los especímenes seleccionados, en los cuales se pudo observar un valor medio de paleointensidad medio que ronda los 34 μ T. Con este trabajo fue posible obtener una edad aproximada para dos sitios que no contaban con edad radiométrica.

GEOPAL-10 CARTEL

PALEOMAGNETICALLY INFERRED AGES OF A CLUSTER OF HOLOCENE MONOGENETIC ERUPTIONS IN THE TACÁMBARO-PURUARÁN AREA (MICHOCÁN, MÉXICO): IMPLICATIONS FOR VOLCANIC HAZARDS

Mahgoub Ahmed Nasser, Böhnelt Harald, Siebe Claus, Salinas Sergio y Guilbaud Marie-Noelle
Centro de Geociencias, UNAM
ahmednasser@geociencias.unam.mx

The paleomagnetic dating procedure was applied to a cluster of four partly overlapping monogenetic Holocene volcanoes and associated lava flows,

namely La Tinaja, La Palma, Mesa La Muerta, and Malpaís de Cutzaróndiro, located in the Tacámbaro-Puarán area, at the southeastern margin of the Michoacán-Guanajuato volcanic field. For this purpose, 21 sites distributed as far apart as possible from each other were sampled to obtain a well-averaged mean paleomagnetic direction for each single lava flow. For intensity determinations, double-heating Thellier experiments using the IZZI protocol were conducted on 55 selected samples. La Tinaja is the oldest of these flows and was dated by the 14C method at -5115 ± 130 yr BP (cal 4184-3655 BC). It is stratigraphically underneath the other three flows with Malpaís de Cutzaróndiro lava flow being the youngest. The paleomagnetic dating procedure was applied using the Matlab archaeo-dating tool in couple with the geomagnetic field model SHA.DIF.14k. Accordingly, for La Tinaja several possible age ranges were obtained, of which the range 3650-3480 BC is closest to the 14C age. Paleomagnetic dating on La Palma produced a unique age range of 3220-2880 BC. Two ages ranges of 2240-2070 BC and 760-630 BC were obtained for Mesa La Muerta and a well-constrained age of 420-320 BC for Malpaís de Cutzaróndiro. Although systematic archaeological excavations have so far not been carried out in this area, it is possible that the younger eruptions were contemporary to local human occupation. Our paleomagnetic dates indicate that all four eruptions, although closely clustered in space, occurred separately in time with varying recurrence intervals ranging between ~300 and ~2300 years. This finding should be considered when constraining the nature of the magmatic plumbing system and developing a strategy aimed at reducing risk in the volcanically active Michoacán-Guanajuato volcanic field, where several young monogenetic volcano clusters have been identified recently. These enigmatic small "flare-ups" still require to be investigated by geophysical and petrological means in order to understand their origin.

GEOPAL-11 CARTEL

MODELING OF THE MAGNETIC ANOMALIES OF LAS TRUCHAS IRON-ORE DEPOSIT, MEXICO

Alva Valdivia Luis Manuel¹, Guerrero Díaz Paola¹ y Agarwal Amar²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

lalva@geofisica.unam.mx

Las Truchas mining district, Michoacan, Mexico is an iron ore deposit enriched due to contact metasomatism. Scanning electron microscopy coupled with electron probe micro analyses are used to investigate the textural and mineralogical features. Thermomagnetic curves and frequency dependence of magnetic susceptibility provide detailed magnetic mineralogy and main magnetic domain sizes. Natural remanent magnetization intensity direction and inclination were determined and the Königsberger ratio (Q) was determined. This information is used to along with the total aeromagnetic anomaly maps for qualitative and quantitative analysis. The qualitative analysis reveals that largest contribution to the anomaly is from the shallow ore deposits. The quantitative analysis, on the other hand, demonstrates the geometry of the iron ore deposits and lithological units in the subsurface. It also reveals a strong contribution of the remanent magnetization to the aeromagnetic anomaly.

GEOPAL-12 CARTEL

VARIACIÓN SECULAR DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO DE MATERIALES ARQUEOLÓGICOS EN EL CENTRO DE MÉXICO

Hernández Cardona Arnaldo¹, Alva Valdivia Luis Manuel²,

Acosta Ochoa Guillermo³ y Soler Arechalde Ana María²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

ahcteti@gmail.com

Se estudiaron materiales arqueológicos correspondientes a cerámicas y bajareques de cuatro sitios distribuidos en el centro de la México, tres de ellos dentro de la Cuenca de México y uno en Veracruz. Dicho estudio se llevó a cabo por medio del método arqueomagnético, para conocer la intensidad del campo geomagnético presente en el momento de la cocción de las cerámicas o del último calentamiento a altas temperaturas del material arqueológico. Para obtener la intensidad de este campo, se siguió el método de Thellier-Coe. De los cuatro sitios se obtuvieron 28 muestras entre cerámicas y bajareques a partir de las cuales se prepararon 224 especímenes. Las intensidades obtenidas se corrigieron por el factor de la rapidez de enfriamiento. Se realizaron estudios de mineralogía magnética que comprenden la evaluación de las temperaturas de Curie en las curvas de susceptibilidad magnética contra altas temperaturas, a partir de las cuales se encontró una mayor presencia de titanomagnetitas pobres en titanio en todos los sitios, observando que en el sitio de Plaza Gamio, en el Templo Mayor en la Ciudad de México, la mayoría de las cerámicas portaban mas de una componente mineralógica de titanomagnetita rica en titanio. También se realizaron los ciclos de histéresis para conocer el tipo de dominio magnético presente en los minerales portadores de la magnetización de los materiales arqueológicos. Durante el proceso de arqueointensidad, y después de cada calentamiento, se midió la susceptibilidad a alta y baja frecuencia con el objetivo de tener un mejor control de las posibles alteraciones mineralógicas concluyendo que las cerámicas agrupadas entre el 5 y el 7% para el valor

de la susceptibilidad dependiente de la frecuencia, son las que presentan los mejores resultados en la determinación de la intensidad. A partir del estudio de arqueointensidad se obtuvieron valores para la intensidad de aproximadamente el 80% de todas las cerámicas. De este porcentaje solo 58% tuvieron una datación por medio del modelo de la curva de variación secular SCHA.DIF.14K. A partir de las dataciones por 14C existentes para dos sitios, las edades obtenidas por el método de arqueointensidad tuvieron coincidencias de entre el 16 y 48% con las de radiocarbono. De los materiales del sitio La Joya en Veracruz, se obtuvieron dos intensidades, 47.7 ± 4.7 μ T y 42.5 ± 2.1 μ T para dos etapas constructivas, las cuales tienen asociadas respectivamente, dataciones de radiocarbono de [380 580] dC para la etapa inferior y de [450 570] dC en la etapa superior. El sitio de Tulyehualco en Xochimilco, también contaban con una datación de [1421 1046] aC, la cual es posible asociarla a la intensidad promedio obtenida de las cerámicas correspondientes a las fases cerámicas Nevada [1350 1250] aC y Ayotla [1250 1000] aC, con un valor de 36.3 ± 0.86 μ T. Estas intensidades, con sus respectivas dataciones, incrementan en un 4% la información existente de la curva de variación secular del centro de México.

GEOPAL-13 CARTEL

ANÁLISIS DE ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (ASM) COMO INDICADOR DE PALEOCORRIENTES DE DEPÓSITOS EN TURBIDITAS DE LA FORMACIÓN CARACOL, EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Rodríguez Rodríguez Rosario Adriana¹, Molina

Garza Roberto S.¹ y Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

rorr_86@hotmail.com

La anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM) es una herramienta útil para el análisis de la fábrica magnética de las rocas y de las deformaciones a las cuales han sido sometidas. La anisotropía de estas fábricas se expresa matemáticamente como un tensor de segundo orden y gráficamente mediante un elipsoide, cuyos ejes K1, K2, K3 representan respectivamente el eje máximo, intermedio y mínimo; y las relaciones entre ellos determinan los parámetros anisotrópicos que establecen las características del elipsoide. Un análisis de la (ASM) se han llevado a cabo en rocas de la Formación Caracol del Cretácico Tardío (Coniaciano- Maastrichtiano) en turbiditas que afloran en el arroyo Santa Teresa al sur del municipio de Ahualulco, en el Estado de San Luis Potosí. Estos depósitos se atribuyen a ambientes profundos de canal mixto y deposicionales, "overbank", transición lóbulo-canal, lóbulo y "slumps", formando parte de un abanico submarino. La Formación Caracol tiene una amplia distribución en la Cuenca Mesozoica del Centro de México, desde el noreste de Durango y el sur de Coahuila hasta la parte sur de la Mesa Central en Zacatecas y la parte occidental de San Luis Potosí. La relevancia paleogeográfica de este nivel se ha evidenciado a través de los análisis de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) y el estudio de microfábricas en varias secciones delgadas de dichas muestras y se corroboraron con mediciones directas de paleocorrientes en los afloramientos de turbiditas. Los resultados muestran la presencia de una fábrica triaxial con agrupamiento de K1 (lineamiento magnético) paralelo a las direcciones de flujo medidas en afloramiento, indicando una dirección preferencial al SE entre los 141° y 150°. Por lo tanto el presente trabajo muestra la posibilidad de analizar la impresión de paleocorrientes incluso sin indicadores bien desarrollados a escala de afloramiento, además la (ASM) es una valiosa y fácil herramienta para la reconstrucción paleogeográfica de la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

GEOPAL-14 CARTEL

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO Y ANÁLISIS DE LA PALEINTENSIDAD, EN ROCAS VOLCÁNICAS DE LA REGIÓN DE MOYAHUA-MEZQUITAL, ZACATECAS, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Alva Valdivia Luis Manuel¹,

Rosas Elguera José² y Ojeda Ramírez María del Carmen³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Universidad de Guadalajara

³Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC

antonioiog@geofisica.unam.mx

Realizamos un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas en la región de Moyahua-Mezquital, localizado entre el extremo meridional de la Sierra Madre Occidental y el sector occidental de la Faja Volcánica Transmexicana. Se muestrearon 29 sitios paleomagnéticos orientados, que corresponden 160 núcleos. Se hicieron nuevos análisis por Ar40/Ar39 de distintos flujos, cuyas edades corresponden 11.8 ± 0.6 , 12.03 ± 0.8 y 29.6 ± 9.1 Ma. Se efectuaron experimentos de magnetismo de rocas para identificar a los portadores magnéticos y definir su estabilidad magnética. Las muestras fueron desmagnetizadas por campos magnéticos alternos y térmicamente, exhibiendo magnetizaciones remanentes con una sola componente bien definida. Las temperaturas de desbloqueo se definieron en el rango de 550 a 630 °C y/o campos destructivos medios principalmente en el intervalo de 30-60 mT. Generalmente se presenta una componente secundaria de probable origen viscoso, que es fácilmente removida en las primeras etapas del proceso de desmagnetización. Las curvas continuas de susceptibilidad magnética contra temperatura, resultaron en muchos casos razonablemente reversibles,

cercanas a titanomagnetitas, con contenido de Ti variable, también hubo casos irreversibles, lo que sugiere dos diferentes fases termomagnéticas durante el calentamiento. Los experimentos de histéresis magnética y análisis de FORC (Curvas Reversibles de Primer Orden), resultaron en muchos casos con curvas simétricas al origen, los parámetros derivados de éstas curvas sugieren que los minerales magnéticos poseen un tipo de dominio magnético PSD (pseudo-simple). Los valores medios de las direcciones de los sitios muestreados son: $D_m = 358.91^\circ$, $I_m = 53.83^\circ$, con parámetros de precisión: $A95 = 1.4^\circ$ y $K = 396$. Estos valores coinciden con el valor esperado de la declinación, no así al de la inclinación, que difiere en 16.6° . De acuerdo a la dispersión en las direcciones de los polos geomagnéticos virtuales, la variación paleosecular fue anormalmente más baja que aquella observada en general durante el Mioceno. 32 muestras de los 29 sitios dieron estimaciones de paleointensidad aceptables. Las paleointensidades medias por sitio varían entre 34.03 ± 2.19 a los $38.26 \pm 1.04 \mu T$. Los momentos dipolares virtuales (VDM, por sus siglas en inglés) varían entre 7.9 y $8.6 \times 10^{22} \text{ Am}^2$. Esto corresponde a un valor medio de $8.24 \pm 0.36 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, el cual es mayor que el valor promedio del VDM para el Mioceno tardío.

GEOPAL-15 CARTEL

LA ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (AMS) EN LA SECCIÓN DE IMPACTITAS DEL POZO UNAM-5 DEL CRÁTER CHCXULUB

Velasco Villarreal Miriam y Urrutia Fucugauchi Jaime
Instituto de Geofísica, UNAM
fatima_miriam@hotmail.com

El pozo UNAM-5 es uno de los pozos que interceptaron la brecha de impacto del cráter Chicxulub. Se localiza a 110km del centro de la estructura y la sección de impactitas consta de 172m de espesor (332- #504m). Esta secuencia se ha dividido en cuatro unidades. La susceptibilidad magnética (K) varía desde 100-2000x10⁻⁶SI, con los valores más altos a partir de los 450m hasta los 504m. La magnetización natural remanente (NRM) muestra un comportamiento similar al de la susceptibilidad magnética. La proporción NRM/K presenta la variabilidad de ambos parámetros en las primeras tres unidades y un comportamiento mas constante en la unidad 4. Con respecto a los parámetros de anisotropía, estos muestran que el grado de anisotropía corregida $P_j > 1.05$ se da entre los 400-450m indicando una mayor intensidad de la anisotropía a estas profundidades y $P_j < 1.05$ entre los 332-400m y 450-504m. La lineación y la foliación magnética presentan un comportamiento variable a lo largo de la sección estudiada mostrando una variación mayor entre los 400-450m de profundidad. El parámetro de forma T no presenta una forma definida ya sea oblada o prolada en la sección de las brechas de impacto, sin embargo se observan ciertos agrupamientos de datos oblados o prolados a diversas profundidades, que sugieren el predominio de algún tipo de fábrica. Los ejes de susceptibilidad principal en las proyecciones ortográficas muestran un comportamiento complejo, pero al separar los ejes, estos presentan ciertos agrupamientos que sugieren la formación de una fábrica tipo sedimentaria pero inacabada, debida probablemente a la velocidad del mismo proceso de generación del cráter y del emplazamiento de las brechas de impacto.

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizador:
Edgardo Cañón Tapia

GEOQP-1

GÉNESIS Y CONTRASTES MINERALÓGICOS DEL CUERPO MANGANESÍFERO DE NAOPA EN EL DISTRITO DE MOLANGO, HIDALGO, MÉXICO

Álvarez Romero Brenda Patricia¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², Núñez Usache Fernando³, Pérez Ángeles Claudia Deyanira⁴, Pérez Lino⁴ y Valencia Adrián⁴

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Compañía Minera Autlán

brenda93alvarez@gmail.com

El yacimiento de Naopa se ubica dentro del Distrito Manganésífero de Molango, Estado de Hidalgo, se localiza en la parte centro del mismo, en la zona se encuentran los depósitos de manganeso de grado metalúrgico más importantes de América del Norte. Su mineralización comprende principalmente carbonatos de manganeso y en menor cantidad óxidos de manganeso explotados a cielo abierto. La zona mineralizada de Naopa se aloja en rocas sedimentarias carbonatadas plegadas y falladas pertenecientes a la Formación Chipoco del Jurásico Tardío. El yacimiento comprende una caliza manganésífera con finas laminaciones de pirita y óxidos/hidróxidos principalmente. La mineralización es de tipo sinsedimentaria, con estructura estratiforme y tiene una actitud de sus estratos preferentemente hacia el SW. La asociación mineralógica está compuesta principalmente por calcita-Mn + rodocrosita + kutnohorita + pirita + marcasita + hematita + goethita/ferrihidrita + calcopirita + esfalerita + birnesita + barita + titanomagnetita. La mineralización tardía en vetas y vetillas comprende principalmente cuarzo + calcita-Mn + rodocrosita + rodonita. Por otro lado, las texturas dentro de la roca encajonante van desde mudstone hasta grainstone, siendo en la mudstone la mayor concentración de manganeso; mientras que su fábrica es laminar, nodular y estilo-laminar. Con base en la distribución geográfica, litología y bioclastos, la zona mineralizada consta de cuatro microfacies que describen el posible ambiente de depósito de la Formación Chipoco: (1) Mudstone-wackstone con filamentos y ostrácosos, (2) Packstone de litoclastos con restos de peces, (3) Packstone de ostrácosos y (4) Grainstone de ooides y oncooides. Esta formación comprende desde ambientes someros y de alta energía hasta sedimentos pelágicos de baja energía, abarcando casi todos los ambientes de depósito en una rampa. El origen de este yacimiento ha sido controversial, sin embargo, se propone un modelo de depósito tipo SEDEX que involucra una nube hidrotermal como fuente del Mn, proveniente del proceso extensional originado por la apertura del Golfo de México (Triásico-Jurásico). Una vez que el Mn es introducido a la cuenca, éste es afectado por cambios físico-químicos generados debido a la comunicación entre la fosa de Huayacocotla con el Golfo de México, esta comunicación es evidenciada por la presencia de calpionélidos en la roca encajonante. Las cuencas anóxicas son escenarios de transporte-depósito eficientes para el manganeso, ya que las condiciones empobrecidas en oxígeno favorecen su solubilidad, generando su movilización hacia arriba de la columna de agua, encontrándose distalmente con condiciones oxigenadas, volviéndose insoluble y favoreciendo su precipitación como óxidos-hidróxidos. Este cambio de oxigenación en la columna de agua es evidenciado por la abundante presencia de filamentos, indicando una deficiencia de oxígeno durante el depósito, y por la presencia de restos de peces, indicando que la columna de agua se encontraba bien oxigenada.

GEOQP-2

VULCANISMO MÁFICO Y RIOLÍTICO PERALCALINO CUATERNARIO DE LA SIERRA LAS NAVAJAS, ESTADO DE HIDALGO, FAJA VOLCÁNICA TRAS-MEXICANA: RELACIONES GENÉTICAS

Martínez-Serrano Raymundo Gerardo¹, Núñez Velázquez Miriam Valeria², Contreras Cruz Diana³, García-Tovar Gloria P.³, Solís Pichardo Gabriela⁴ y Arrieta Gerardo¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

rms@geofisica.unam.mx

El vulcanismo Cuaternario de la porción oriental de la Sierra de Pachuca, zona de tras-arco del sector oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, se encuentra representado por el emplazamiento de una serie de conos de escoria y flujos de lava máficos, así como por el estratovolcán riolítico Las Navajas, de ~9km de diámetro y altura de 3,100 msnm. Dicho estratovolcán presenta una estructura de colapso orientada hacia el N-NE y está compuesto por flujos de lava, domos, depósitos de bloques y ceniza, depósitos de pómez y flujos de obsidiana. Las relaciones estratigráficas observadas en el área de estudio sugieren que el vulcanismo monogenético ocurrió antes y después del emplazamiento del estratovolcán (~2 Ma), pero todas estas estructuras recientes sobreyacen a rocas volcánicas del Mioceno del Grupo Pachuca. Con el fin de identificar las posibles relaciones genéticas entre estos dos tipos de magmatismo cuaternario, se realizaron estudios estratigráficos, geoquímicos e isotópicos (proyecto PAPIIT-UNAM: IN171411) y se presentan los principales resultados hasta ahora alcanzados. Los patrones geoquímicos son contrastantes para los dos tipos de estructuras volcánicas. Los conos de escoria presentan composiciones de basalto a andesita basáltica, subalcalino y alcalino.

Las tendencias de los elementos traza indican condiciones transicionales entre una fuente de tipo subducción y OIB. Mientras que los valores geoquímicos de las rocas del estratovolcán Las Navajas se clasifican como riolitas peralcalinas de tipo comenditas, con patrones de elementos traza que no son típicos de procesos de subducción (fuertes anomalías negativas de Ba, Sr, P y Ti, y patrones de Tierras Raras subhorizontales con anomalías negativas de Eu). Las relaciones isotópicas de las rocas máficas varían como sigue 87Sr/86Sr: 0.70402 a 0.70485; #Nd: 1.97 a 2.32; 206Pb/204Pb: 18.75 a 18.81; 207Pb/204Pb: 15.58 a 15.62; 208Pb/204Pb: 38.50 a 38.55. Los valores isotópicos de las comenditas son 87Sr/86Sr: 0.7104 a 0.7331; #Nd: 0.57 a 0.60; 206Pb/204Pb: 18.83 a 18.85; 207Pb/204Pb: 15.63 a 15.66; 208Pb/204Pb: 38.69 a 38.78. Todas estas características permiten sugerir que las rocas del estratovolcán Las Navajas se formaron a partir de procesos de cristalización fraccionada prolongada a partir de magmas máficos transicionales, similares a las rocas monogenéticas cuaternarias del área de estudio.

GEOQP-3

USO DE APATITOS PARA TRAZAR PROCESOS DE PROCEDENCIA Y EXHUMACIÓN: UN EJEMPLO DE LAS CUENCAS PALEOZOICAS DEL SUR DE MÉXICO

Bedoya Alejandra, Abdullin Fanis y Solari Luigi
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
abedoyamj@gmail.com

La evolución tectónica del sur de México durante el Paleozoico-Mesozoico ha sido relacionada a la historia de convergencia y amalgamamiento de terrenos que dieron lugar a la formación de Pangea, su fragmentación y la migración del bloque de Yucatán y apertura del Golfo de México, caracterizada por diversos eventos tectónicos que desencadenaron la construcción de arcos magmáticos, acreción de terrenos, y a la apertura y subsidencia de cuencas. Esta serie de fenómenos dieron lugar a eventos deformacionales y de metamorfismo, así como procesos de levantamiento y exhumación de bloques. Las cuencas sedimentarias permiten reconstruir la evolución tectónica de diferentes tipos de márgenes, registrando información de procesos de sedimentación, áreas fuente, procesos de exhumación y levantamiento. En la región meridional de México, existen escasas secuencias sedimentarias de edad paleozoica que registran la evolución tectónica para este período de tiempo. Dentro de éstas, se encuentra la Formación Matzitz, secuencia siliciclástica compuesta litológicamente por capas de conglomerados, areniscas a areniscas conglomeráticas y lodolitas, a la cual se le ha asignado un origen continental y edades entre Pensilvánico y Pérmico, esta se encuentra sobreyaciendo de manera discordante a rocas del Complejo Oaxaqueño, de edad grenvilliana y del Complejo Acatlán de edad paleozoica. Observaciones de campo muestran dentro de la Formación Matzitz variaciones composicionales importantes en cuanto área fuente, reconociéndose clastos metamórficos (gneis, cuarcitas), granitoides miloníticos y no deformados, areniscas cuarzosas y rocas volcánicas (que ocasionalmente predominan sobre los otros clastos). Datos geocronológicos preliminares por U-Pb en circones detríticos de la Formación Matzitz, indican fundamentalmente poblaciones de edades pérmicas (270-300 Ma) y un grupo con mayor prevalencia de edades grenvillianas (1000-1280 Ma), que podrían estar relacionadas respectivamente con rocas procedentes del Complejo Acatlán, el arco Pérmico y del Complejo Oaxaqueño, evidenciado también por observaciones de campo. Así mismo, resultados de trazas de fisión en apatitos en rocas del Complejo Oaxaqueño muestran edades de enfriamiento de ca. 140-130 Ma que aparentemente se relacionan con la evolución tectónica del Golfo de México (período de drift-and-cooling?). La historia térmica modelada para una muestra de este basamento también detecta un período de sepultamiento durante el Cretácico (desarrollo de una plataforma carbonatada) así como un período de exhumación y erosión durante el Cretácico Superior-Paleógeno. Historias térmicas similares son esperadas para las rocas Pérmicas de la Fm. Matzitz. Técnicas convencionales de procedencia tales como petrografía de areniscas, observaciones de campo y geocronología U-Pb en circones, así como técnicas micro-analíticas en apatitos, como termocronología por U-Pb combinada con trazas de fisión in-situ y geoquímica de REE y elementos traza (comparación entre apatitos detríticos y de rocas de basamento), permitirán precisar hipótesis previas con respecto a la procedencia e historia termo-tectónica de dicha formación, permitiendo realizar un aporte al entendimiento de la evolución geodinámica del sur de México para el Paleozoico-Mesozoico.

GEOQP-4

MICROANÁLISIS DE ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS EN GRANATES POR LA-ICPMS Y SU POTENCIAL USO COMO TRAZADOR DE PROCEDENCIA EN ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS

Mesino Hernandez Juan Carlos¹, Ortega Obregón Carlos² y Solari Luigi²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

juanmh@geociencias.unam.mx

Los estudios de procedencia a partir de técnicas geoquímicas en rocas detríticas generalmente se basan en el análisis de fases minerales pesadas que muestran una composición relacionada a las condiciones bajo las que se formó la roca

fuelle. La mayoría de los estudios de procedencia en México se han realizado a partir de análisis de edades de circones detríticos. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología para utilizar la fase mineral de granate como un posible trazador de procedencia a partir de sus características químicas, obtenidas mediante microanálisis usando la técnica de ablación láser acoplado a un espectrómetro de masas con fuente de plasma inductivamente acoplado (LA-ICP MS). Elementos mayores como el Al, Mg, Mn, Fe y Ca son los principales componentes de los granates, además las tierras raras pesadas son compatibles con esta fase mineral. Por lo tanto, el método implica la caracterización basada en la composición y distribución de estos elementos. Para desarrollar esta metodología se han analizado granates de rocas cristalinas del basamento del sur de México, como el Complejo Xolapa, el Complejo Acatlán y el Macizo de Chiapas. Se ha demostrado en trabajos previos que estas rocas se formaron bajo condiciones de presión y temperatura distintas. Sin embargo, se pretende realizar además análisis en granates de rocas de metamorfismo de contacto y de otros complejos metamórficos. Los resultados preliminares de la caracterización de los granates muestran principales diferencias en la composición en algunos elementos mayores y traza. El Si fue utilizado para observar el comportamiento de los demás elementos a partir de diagramas bivariados. Además, los patrones de elementos tierras raras tienen características distintivas para cada complejo. Estas diferencias nos permiten utilizar el granate como un posible trazador de procedencia en las rocas sedimentarias detríticas. Adicionalmente, con los resultados obtenidos de este trabajo se pretende crear una base de datos geoquímica para futuros estudios de procedencia.

GEOQP-5

ESTUDIO SOBRE EL CONTENIDO DE TIERRAS RARAS E ITRIO (REY) EN DOS NIVELES SELECCIONADOS DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN TLAYÚA (CRETÁCICO INFERIOR - SUPERIOR, ALBIANO - CENOMANIANO), TEPEXI DE RODRÍGUEZ, PUEBLA, MÉXICO

Reygadas-Langarica Yoatzin¹, Sánchez-Beristain Juan Francisco², Sawicka Marzena³, García-Barrera Pedro⁴ y Bernal-Uruchurtu Juan Pablo⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

³Aleje Jerozolimskie 47, Varsovia 00692, Polonia

⁴Centro de Geociencias, UNAM
bayaloba@yahoo.com.mx

La Formación Tlayúa comprende una secuencia incompleta de aproximadamente 300 m de espesor, y puede dividirse en tres miembros: Miembro Inferior, Miembro Medio y Miembro Superior. El Miembro Medio de la Formación Tlayúa, objeto de estudio de este trabajo, consiste en una secuencia de caliza micrítica, o mudstone de 48 a 50 m de espesor, con una estratificación delgada, laminada y de coloración crema con tonalidades rojizas. Desde la década de los 90 del siglo pasado, se han presentado una serie de propuestas que han intentado definir el paleoambiente de la Cantera de Tlayúa, las cuales incluyen un medio lagunar post-arrecifal con una amplia zona intermareal de escasa bioturbación, una cuenca oceánica con episodios de hipersalinidad, y un paleoambiente marino por debajo de la base de las olas, en el que las aguas más profundas pudieron haber sido predominantemente disaeróbicas, anaeróbicas, e incluso hipersalinas. En el presente estudio se reportan las condiciones paleoambientales de dos niveles del Miembro Medio, conocidos por su alto contenido faunístico. Estas condiciones son denotadas por el contenido de los elementos conocidos como tierras raras e itrio (Rare Earth Elements and Yttrium, REY, por sus siglas en inglés), y fueron obtenidas por el método de LA-ICP-MS. Se obtuvieron patrones de distribución al normalizarse con el estándar PAAS, los cuales arrojan resultados que confirman la interpretación paleoambiental marina (anomalía positiva de lantano); condiciones altamente oxidantes (anomalía positiva de cerio) y un posible aporte hidrotermal (anomalía positiva de europio). Estos son los primeros resultados que se obtienen a partir del análisis de tierras raras en la Cantera de Tlayúa, y abren un amplio panorama de estudio en esta conocida localidad.

GEOQP-6

GEOCRONOLOGÍA U-PB Y GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DE HF EN ZIRCONES DEL BASAMENTO CRISTALINO DE LOS ANDES DE MÉRIDA, VENEZUELA

Tazzo Rangel María Daniela¹, Weber Bodo¹ y González Guzmán René²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
mtazzo@cicese.edu.mx

Los Andes de Mérida forman un orógeno complejo con orientación NE-SW, en el norte de la placa suramericana. El basamento cristalino de este cinturón montañoso está formado por rocas de medio a alto grado metamórfico del Complejo Iglesias, que fueron intrusadas por granitoides durante el Ordovícico-Silúrico y el Triásico Tardío. En este estudio se llevó a cabo un mapeo geológico del Complejo Iglesias en la región central de Los Andes de Mérida. Se realizaron análisis geocronológicos de U-Pb e isotópicos de Hf en circones de 13 muestras de rocas metaígneas, con el objetivo de reconstruir la evolución geológica y

tectónica de dicho complejo. La geocronología U-Pb se hizo mediante ablación láser y espectrómetro de masa con plasma inductivamente acoplado (LA-ICPMS), mientras que los isótopos de Hf se midieron con ablación láser y espectrómetro multicollector (LA-MC-ICPMS). Los circones fueron analizados con detector de catodoluminiscencia en microscopio electrónico antes y después de las mediciones de U-Pb y Hf, con la finalidad de interpretar las texturas y zonamientos en los mismos. El mapeo geológico realizado en el Complejo Iglesias reveló que: (1) las rocas más comunes son los paragneises y esquistos de protolito pelítico; (2) los paragneises fueron intrusados por ortogneises que se dividen en dos grupos, unos ricos en hornblenda-biotita y otros en biotita-granate; (3) diques y lentes de metabasitas y metagranitoides intrusaron tanto orto como paragneises; (4) las rocas descritas están migmatizadas y (5) las texturas y asociaciones mineralógicas indican condiciones P-T de transición entre la facies de anfibolita superior y facies de granulita. Nuestros resultados demuestran que los ortogneises con biotita-granate tienen edades ordovícicas (~488-460 Ma), mientras que los ortogneises con hornblenda-biotita y las metabasitas tienen edades silúricas (~440-420 Ma). Además, en los circones de ortogneises de hornblenda-biotita y metabasitas son comunes los sobrecrecimientos de edad Triásico Medio (~230 Ma). De acuerdo con el análisis de catodoluminiscencia, los circones silúricos se formaron a altas temperaturas, por lo que presentan frentes de recrystalización que borraron parcialmente los patrones de zonado oscilatorio, con desarrollo de zonamiento convolutado. Por otro lado, hay una tendencia de enriquecimiento progresivo en ¹⁷⁷Hf/¹⁷⁶Hf con la disminución de la edad, es decir, el Hf en circones ordovícicos proviene de fuentes magmáticas evolucionadas de la corteza media a superior (#Hf ~ -10 a -4), mientras que los ortogneises y metabasitas silúricas incorporaron material menos evolucionado de la corteza inferior y del manto agotado (#Hf ~ -4 a +10), respectivamente. Por lo tanto, concluimos que las rocas ordovícicas constituyen magmatismo sin-cinemático en paragneises, y que las edades silúricas y triásicas registran recrystalizaciones y sobrecrecimientos en los circones a partir fundidos anatécicos, en condiciones post-pico de dos eventos metamórficos. De manera general, estos eventos están relacionados a etapas sin-colisionales en un arco volcánico, que se extendió a lo largo de todo el borde oeste del supercontinente Gondwana y que ha sido denominado por varios autores como Orógeno Famantiniano.

GEOQP-7

ANÁLISIS ESCLEROCRONOLÓGICO DE LAS CONCHAS DE TRES EJEMPLARES DE ANADARA BRASILIANA (MOLLUSCA: BIVALVIA) PROVENIENTES DE LA REGIÓN DE BARRA DE CAZONES, VERACRUZ, MÉXICO

Juárez Aguilar Edwin Aldrin¹, Sánchez-Beristain Juan Francisco² y Bernal-Uruchurtu Juan Pablo³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

aldrin_6@comunidad.unam.mx

En el presente trabajo se realizó un análisis geoquímico de los elementos mayores, menores y traza en perfiles esclerocronológicos de conchas de tres ejemplares de la especie *Anadara brasiliana* (Mollusca: Bivalvia) mediante la técnica de LA-ICP-MS. El material fue colectado en la localidad conocida como Playa Norte, en Barra de Cazonés (Cazonés de Herrera, Veracruz, México). El análisis proyectó de manera inicial los siguientes elementos: calcio, litio, sodio, magnesio, fósforo, potasio, vanadio, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre, zinc, arsénico, selenio, rubidio, estroncio, itrio, molibdeno, cadmio, bario, plomo, torio, uranio y los elementos conocidos como tierras raras (REE). De estos elementos, el P y K no se relacionaron con ninguno de los demás, razón por la cual no fueron tomados posteriormente en cuenta. Adicionalmente, elementos como el Li, Cu, As, Se, Mo, Cd, Pb, Fe, Rb, Th y U no se consideraron posteriormente en este trabajo debido a sus bajas concentraciones. Con algunos de los elementos restantes, se estudiaron diversas variables ambientales, como lo son la temperatura (con ayuda de la correlación de las proporciones de Mg/Ca y Sr/Ca); la salinidad, con la relación de los elementos Mg y Na. Evidencias de floraciones algales fueron estimadas gracias a la relación precisa de Ba/Ca y Mn/Ca. Por último, evidencias de contaminación antropogénica fueron detectadas por medio de la presencia significativa de V, Ni y de algunos elementos del grupo de las tierras raras como el Gd.

GEOQP-8 CARTEL

APORTACIONES PETROGRÁFICAS Y GEOQUÍMICAS EN LA CARACTERIZACIÓN PETROGENÉTICA DE LA SIERRA DE PACHUCA

Martínez González Iván Raúl¹, Martínez-Serrano Raymundo Gerardo², Solís Pichardo Gabriela³ y Girón García Patricia³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM
ivan_rmg@ciencias.unam.mx

La Sierra de Pachuca está situada en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, a 93 km al noreste de la Ciudad de México, en el Estado de Hidalgo. Se encuentra dentro del sector oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM).

La Sierra está principalmente constituida por ocho formaciones de origen volcánico nombradas como Grupo Pachuca, con edades que van del Mioceno temprano al Plioceno. Estas formaciones están conformadas predominantemente por rocas de composiciones intermedias y félsicas. Esta secuencia está cubierta por algunos flujos lávicos y domos de composición andesítica correspondientes al Pleistoceno. Con la finalidad de aportar mayor información que nos permita entender los procesos petrogenéticos que ocurrieron durante la formación de estas rocas. Se realizaron análisis petrográficos de 30 muestras recolectadas de localidades tipo del Grupo Pachuca. Posteriormente se realizó el análisis geoquímico de elementos mayores a 18 muestras por el método de FRX y el análisis de elementos traza y Tierras Raras a 12 muestras por el método de ICP-MS (Proyecto: PAPIIT-IN111417). Las rocas que pertenecen al Grupo Pachuca presentaron texturas porfídicas, hipocristalinas, con composiciones andesíticas, dacíticas y riolíticas. Muchas de ellas presentaban intemperismo principalmente por oxidación. Estas rocas formaban flujos lávicos, domos y en el caso de algunas riolitas se presentaban como parte de ignimbritas o flujos piroclásticos. Algunas de estas estructuras estaban cortadas por diques de composición más silícica. Por otro lado, las rocas del Pleistoceno son de composiciones andesíticas y presentan texturas afaníticas con escasos fenocristales. Todas las rocas pertenecen a la serie subalcalina, con porcentajes de sílice que van de 58 a 82% en peso. Respecto a los elementos traza corresponden a firmas típicas de subducción. Las rocas presentaron anomalías negativas de Nb, Ta, P, Hf y Ti y anomalías positivas de Ba, Sr, Pb y K. Los patrones de Tierras Raras para las muestras del Mioceno exhiben enriquecimiento de las ligeras con respecto a las pesadas, solo las rocas félsicas presentan anomalías negativas de Eu, y en el caso de las rocas intermedias de Ce. Las rocas que conforman a la Sierra de Pachuca, corresponden a los primeros inicios de la FVTM, por lo tanto su evolución está relacionada con procesos de subducción, como se observa en las firmas geoquímicas. A principios del Mioceno la Placa de Fallarón que subducía debajo de la Placa Norteamericana comenzó un proceso de fragmentación causando la formación de la placa de Cocos y Rivera que han sido las fuentes del magmatismo de la FVTM.

GEOQP-9 CARTEL

EVIDENCIAS DE ALTOS CONTENIDOS DE TORIO Y URANIO EN LOS CARBONES Y DESECHOS DE LA MINERÍA DEL CARBÓN EN LA REGIÓN DE SABINAS

Rodríguez Hernández Jesús Alfredo, Rodríguez Vega Antonio, Dávila Pulido Gloria Ivone y Rábago Jr. Jorge Abel
Universidad Autónoma de Coahuila, UAdeC
jesus.ngnm@gmail.com

Durante más de 100 años en la región carbonífera situada en el centro-norte del Estado de Coahuila, se ha llevado a cabo la explotación de los mantos de carbón que afloran y subyacen en este territorio, lo que ha permitido el desarrollo de numerosas minas subterráneas, tajos (canteras a cielo abierto), plantas de beneficio, terreros y depósitos de jales (colas). Los cuales en conjunto con plantas coquizadoras y termoeléctricas han generado una enorme cantidad de desechos mineros e industriales. Estos desechos requieren de un estudio detallado con el fin de evaluar sus efectos contaminantes, así como la potencialidad de los mismos para su aprovechamiento como nuevas fuentes de materias primas minerales metálicas y no metálicas. En muchos países este tipo de desechos han sido utilizados como fuentes de materia prima para la fabricación de materiales cerámicos y/o refractarios, así como de numerosos metales raros y dispersos. De acuerdo con lo anterior, la presente investigación se encuentra enfocada en profundizar en el conocimiento relacionado con la presencia y concentración de metales de importancia económica. A la fecha, se ha llevado a cabo el estudio de la presencia y distribución de elementos radiactivos con ayuda de un espectrómetro de rayos gamma RS-125, capaz de determinar los contenidos de K, Th y U. Los resultados obtenidos muestran que los carbones y los materiales que se encuentran asociados a este, se caracterizan por contener valores relativamente elevados de Th y U. Por otro lado, las mediciones realizadas a las cenizas de los carbones, así como a los materiales depositados en muchos terreros llaman la atención por sus contenidos notablemente anómalos de estos dos elementos. De igual forma, los ladrillos fabricados con estos desechos suelen presentar características que los pudiera clasificar como materiales radiactivos. Los resultados de los estudios petrográficos y mineralógicos efectuados a las cenizas de los carbones, así como a los materiales de desecho, indican la presencia de determinados minerales, los cuales suelen contener cantidades significativamente elevadas de elementos radiactivos, entre ellos el zircón y la monacita.

GEOQP-10 CARTEL

ESTRATOVOLCÁN LAS NAVAJAS, ESTADO DE HIDALGO, MAGMATISMO PERALCALINO EN LA FVTM

Núñez Velázquez Miriam Valeria¹, Martínez-Serrano Raymundo Gerardo², Contreras Cruz Diana¹, Solís Pichardo Gabriela³ y Girón García Patricia¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

miriamv.nuve@gmail.com

La Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) es el arco volcánico del Neógeno más grande de Norteamérica y se caracteriza por su oblicuidad respecto a la trinchera Mesoamericana. En el sector oriental de esta provincia hay una gran variedad de estructuras volcánicas de enorme diversidad magmática, con diferentes firmas geoquímicas e isotópicas, que demuestran una evolución tectono-magmática compleja. El estratovolcán Las Navajas se ubica a 30 km al este de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, dentro del sector oriental de la FVTM, en la zona de tras arco, y tiene una altura de 3,200 m.s.n.m. Además de las circunstancias geológicas que formaron al volcán, tiene una importancia arqueológica singular, pues era una de las minas de explotación de obsidiana relacionada con el desarrollo de las culturas teotihuacana, tolteca, mexicana y de la conquista hispana en su etapa inicial. El estratovolcán Las Navajas está formado por flujos de lava y domos de composición riolítica. También cuenta con importantes depósitos de flujos piroclásticos y de caída emplazados principalmente hacia el N-NE; aunque hacia el S (región de Epazoyucan) se han identificado depósitos de caída y de flujo piroclásticos. Presenta dos cráteres de diferentes dimensiones, el cráter principal tiene 3 km de diámetro y fue formado durante un evento altamente explosivo que destruyó el flanco nororiental del volcán. Esta explosión produjo un depósito de avalancha de escombros que se observa hacia el norte, en la cañada del río Grande de Tulancingo. En este sitio, los depósitos de flujo piroclástico (con 60 m de espesor) cubren los basaltos prismáticos de Santa María Regla que tiene edades de 1.8 y 2.5 Ma (K-Ar), por lo que los depósitos deben tener una edad menor a este vulcanismo basáltico. De acuerdo con la química de los elementos mayores las rocas se clasificaron como riolitas peralcalinas con un índice agpaítico de comenditas y traquitas comendíticas. Los patrones de los elementos trazas presentan anomalías extremadamente negativas de Ba, Sr, Eu, P y Ti, y anomalías positivas de Pb y K, así como elevadas concentraciones de elementos de Tierras Raras Pesadas lo que sugiere procesos de cristalización fraccionada prolongada a partir de una fuente magmática alcalina. Estos procesos están ligados a la evolución reciente de la FVTM.

GEOQP-11 CARTEL

EL INTRUSIVO BUENOS AIRES EN EL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR: CARACTERÍSTICAS E IMPLICACIONES GEOLÓGICAS

Cazares Moreno Alexandra Daniela¹, Pérez-Venzor José Antonio¹, Schaaf Peter² y Aranda Gómez José Jorge³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro Ciencias de La Tierra, Juriquilla, UNAM

acazares_13@alu.uabcs.mx

Se denomina Intrusivo Buenos Aires a las rocas de composición granítica que afloran en diferentes partes del borde oriental del Bloque de Los Cabos, Baja California Sur, pero principalmente en el arroyo Buenos Aires y Boca de la Sierra. La unidad aflora como un pequeño intrusivo en el arroyo Buenos Aires, mientras que en los arroyos Boca de la Sierra, La Palma y Portezuelo aflora como apófisis, diques o cuerpos irregulares de dimensiones pequeñas a medianas. El Intrusivo Buenos Aires forma parte del Ensamble Plutónico del Borde Oriental del Bloque de Los Cabos. La unidad está compuesta por cuarzo+feldespatos potásico+plagioclasa+biotita+hornblenda+muscovita+granate, con un porcentaje de cuarzo y feldespato potásico mayor al de la plagioclasa. Varía de grano fino a muy grueso (pegmatítica), define cuerpos tabulares y pequeños intrusivos con un zomeamiento reflejado en la textura y composición. Presenta un bandeamiento magmático primario que consiste de bandas claras (cuarzo-feldespáticas) de textura de grano medio y bandas de grano grueso a muy grueso (pegmatita); estos rasgos tan notables del Intrusivo Buenos Aires se manifiestan a nivel local y regional. Conforme a las relaciones de campo, es posterior a los Intrusivos Matancitas, Los Llanitos y Virgencita a los cuales intrusión, pero es anterior a los sistemas de diques El Álamo, Mata Gorda y diabásicos. Sus contactos con estas unidades son rectos con bordes de enfriamiento de centímetros de espesor. El Intrusivo Buenos Aires presenta intercrecimientos gráficos, los cual implica procesos avanzados de diferenciación magmática formados en condiciones cercanas al subsolidus y corresponden a fases tardías del magmatismo de la región. La presencia simultánea de textura aplítica y pegmatítica puede ser el resultado de una concentración de líquidos en las fases tardías del magmatismo enriquecidas en agua y otros volátiles, que permitieron la inmiscibilidad y la generación de estas texturas. Las características de campo, texturales, estructurales y mineralógicas sugieren un origen anatóctico, esto implica que la unidad es un producto de un proceso de fusión parcial avanzada (diatexitica) ocurrido en el área y está relacionada con procesos de subducción y magmatismo desarrollados durante el

Cretácico en el occidente de México. El trabajo expone las características del intrusivo y sus implicaciones geológicas.

GEOQP-12 CARTEL

CALCIMETRÍA COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE MINERALES DE SELLADO EN UN SISTEMA GEOTÉRMICO OCULTO

Santos Raga Gustavo¹, Guevara Mirna¹, Pérez Zárate Daniel², Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando³, Yáñez Dávila David⁴ y Hernández Cruz Guillermo³

¹Instituto de Energías Renovables, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

gusara@ier.unam.mx

La energía geotérmica se ha consolidado como una fuente de energía de gran potencial a nivel mundial, aunque actualmente los sistemas más comúnmente explotados son los sistemas hidrotermales. Sin embargo, actualmente se encuentran en desarrollo nuevas técnicas de exploración, para realizar la explotación exitosa de sistemas geotérmicos conocidos como mejorados. Estos sistemas al ser mucho más abundantes que los hidrotermales, representan una fuente prácticamente inagotable de energía. En el marco del proyecto CeMIE Geo P09 -Desarrollo y aplicación de nuevos métodos avanzados en geoquímica de fluidos y alteración hidrotermal para la exploración de sistemas geotérmicos- se tomó como caso de estudio al complejo volcánico de la caldera de Acoculco, el cual presenta un diámetro aproximado de 18 km y se encuentra ubicada dentro de la caldera de Tulancingo, en el estado de Puebla. Durante la perforación de los pozos exploratorios EAC-1 y EAC-2 en 1995 y 2008 respectivamente, se detectaron temperaturas de hasta 300°C a 2 km de profundidad pero con permeabilidad prácticamente nula debido a la deposición de minerales hidrotermales, escenario que obstaculizó el desarrollo de un proyecto de explotación en la zona. Las altas temperaturas registradas en los 2 pozos exploratorios y las evidencias geoquímicas encontradas hasta la fecha en la caldera de Acoculco, han reactivado el interés para realizar estudios de exploración con nuevas metodologías geoquímicas. Por tal motivo se desarrolló una metodología para aplicar la técnica de calcimetría (determinación de contenido de calcita) a muestras superficiales y recortes de perforación del pozo exploratorio EAC-1, con el objetivo de apoyar en el estudio del estado de sellado actual de los sistemas de fallas presentes en el complejo volcánico.

GEOQP-13 CARTEL

ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LOS MINERALES TITANÍFEROS DE LA PLAYA LA VENTANILLA EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TONAMECA, OAXACA

Navarrete Martínez Francisco, Victoria Morales Alfredo, Cabrera Ramírez Mayumy Amparo, Díaz Juárez Emmanuel Jovani y García Cruz Kevin Alonso
Departamento de Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería, UNAM
franciscorx_273@hotmail.com

Se realizó una caracterización químico mineralógica de las arenas titaníferas localizadas en la playa La Ventanilla en el municipio de Santa María Tonameca, Oaxaca. Las cuales presentan leyes atractivas de titanio, hierro y zircón. Corresponde con una de las manifestaciones de placeres de óxidos de Fe-Ti-Zr que se encuentran entre las Bahías de Huatulco y Puerto Escondido. Las arenas negras se presentan como láminas, lentes y estratos que varían de 1 a 25 cm de espesor, los cuales se intercalan con horizontes de minerales claros, localizados tanto en la zona de supraplaya como en la de mesoplaya, que hacia el continente forman parte de una terraza. En dirección NW-SE constituyen como una barra que forma una laguna rica en manglares. El tamaño de las arenas negras es de grano fino, se presentan en granos angulosos a subredondeados bien seleccionados. Los minerales de mena identificados son: ilmenita, ilmenita con exsoluciones de hematita, magnetita, rutilo y zircón. Los horizontes de minerales claros están formados por cuarzo, feldespatos, biotita, con escasos granate, magnetita, ilmenita y rutilo. Tomando como base las relaciones mineralógicas y texturales diferentes de la ilmenita, se infiere que esta fue aportada de distintas fuentes, pero estas deben corresponder con alguna de las diferentes secuencias de rocas anortosíticas reportadas en el Complejo Oaxaqueño como las Huitzo en la parte norte del complejo o las que afloran en Pluma Hidalgo en la sección sur de este complejo. Para el zircón, se considera como posible fuente a las pegmatitas de la secuencia de paragneises del Complejo Oaxaqueño algunas de las cuales contienen relativamente abundante cantidad de este mineral. Se considera importante datar los zircones para asegurar esa procedencia. Por la relación de campo y las relaciones mineralógicas y texturales que presentan las arenas negras, se puede clasificar a este yacimiento mineral como un placer formado por procesos marinos. La zona de La Ventanilla es una reserva ecológica donde su principal atractivo son los manglares que crecen en su laguna, en la cual se conservan distintas especies de reptiles y aves, muchas de ellas en peligro de extinción. En la playa se tienen periodos de arribazón de tortugas marinas donde ponen sus nidos. Este trabajo se realizó gracias a los recursos otorgados al proyecto PAPIME PE 105116 "Diseño de una página electrónica para desarrollar las técnicas de identificación microscópica de minerales por petrografía y por minerografía". Los materiales generados a raíz de este trabajo, serán agregados como material didáctico a la colección del laboratorio de Mineralogía Óptica y el de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería.

GEOQP-14 CARTEL

MODELADO TERMODINÁMICO DE ELEMENTOS MENORES Y TRAZA EN LAS CROMITAS METAMORFIZADAS DE LOMA BAYA, GUERRERO

Colás Vanessa¹, Camprubí Antoni², González-Jiménez José María³, Griffin William L.³, Proenza Joaquín A.⁴, O'Reilly Suzanne Y.³, Centeno³/García Elena³ y Barrera-Torres José G.¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Dpto. Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada

³CCFS ARC Centre of Excellence and GEMOC, Macquarie University, Sydney, Australia

⁴Dpto. Cristalografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona

vcolas86@gmail.com

Los granos de cromita en las cromititas masivas ricas en Al de Loma Baya (Guerrero) muestran una microestructura formada por núcleos primarios, rodeados de: i) cromita porosa, enriquecida en Cr y Fe²⁺ y empobrecida en Al y Mg, con clorita rellenando los poros; y ii) un borde homogéneo, más externo, de cromita euhedral y composición intermedia entre el núcleo y la cromita porosa. Esta zonación es consecuencia de dos etapas de alteración asociadas a cambios en las condiciones metamórficas. Los diagramas P-T realizados para las cromititas de Loma Baya indican que la primera etapa de alteración ocurrió por reacción de la cromita primaria con el olivino de la matriz, en presencia de fluidos reductores y ricos en SiO₂, formando clorita y cromita porosa. El incremento en el #Cr y la disminución del #Mg modelizado genera un patrón de elementos menores y traza en la cromita porosa caracterizado por anomalías negativas en Ga, Ti, Ni y Sc y una anomalía positiva con forma de M en el segmento Zn-Co-Mn (i.e., anomalía ZCM), similar al de las cromitas porosas ricas en Al de Golyamo Kamenyane (Bulgaria). El modelo termodinámico indica que la cromita porosa se formó en torno a 300°C, mientras que la cromita homogénea lo hizo a temperaturas mayores, próximas a 550°C. Este incremento de temperatura se traduce en una disminución en el #Cr y el aumento del #Mg en la cromita debido a la disolución de la clorita por reacción con la cromita porosa, formado cromita homogénea (con alto Zn, Co y Mn, pero bajo en Ti y Sc) con patrones de elementos menores y traza similares a los núcleos de la cromita (enriquecidos en Ga, Ti, Ni y empobrecidos en Zn y Co), debido a su difusión a través de la cromita porosa. Los patrones de elementos menores y traza de los núcleos y bordes homogéneos de las cromitas de Loma Baya son completamente diferentes a los de las cromitas zonadas de Golyamo Kamenyane (Bulgaria), que se formaron por la interacción de un fluido oxidante y rico en Fe durante el metamorfismo retrógrado en facies de esquistos verdes. Esto indica que la microestructura de las cromitas en Loma Baya es consecuencia de una compleja historia metamórfica definida por una primera etapa de metamorfismo hidratado, en presencia de fluidos reductores y ricos en SiO₂, sobreimpresa por un trazo térmico asociado con una intrusión de un granito Eoceno.

GEOQP-15 CARTEL

USO DE LOS ISÓTOPOS DE PB COMÚN EN FELDESPATO PARA PROCEDENCIA DE SEDIMENTOS

Martínez Quintana Raul Alejandro y Solari Luigi
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
raulmartinezqui@gmail.com

En el sur de México, hacia los límites de los estados de Puebla y Oaxaca, se encuentra ubicada la cuenca sedimentaria Otlaltepec. Esta cuenca, se encuentra conformada por sucesiones sedimentarias mesozoicas (Ortega-Guerrero, 1989). Geológicamente, se encuentra ubicada cerca de los límites de los terrenos tectonoestratigráficos Zapoteco y Mixteco, de los cuales sus basamentos metamórficos son el Complejo Oaxaqueño y el Complejo Acatlán respectivamente. La hipótesis de este trabajo se rige bajo la idea de que el material clástico y detrítico que forma parte de la Cuenca Otlaltepec, provenga de las áreas adyacentes a la misma. Se espera comprobar esta hipótesis con datos certeros y confiables obtenidos mediante el empleo de isótopos de Pb común en feldespato potásico, empleando un sistema de ablación láser acoplado a espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo de múltiples colectores (LA-MC-ICPMS). Hoy en día, es una de las mejores técnicas de microanálisis y fechamiento ya que la ventaja de este sistema se refleja en su alta precisión y rapidez en la medición isotópica. Además, esta técnica permite medir las variaciones en la composición de Pb de manera no destructiva, en forma in situ y por grano individual. Sin embargo, antes de poner en práctica la técnica con fines geológicos, se debe demostrar que la señal de Pb es una característica robusta de los granos de feldespato potásico detríticos y se debe confirmar que la técnica es confiable y reproducible, con valores reales y de alta precisión y exactitud. El uso de feldespatos potásicos en esta técnica se justifica debido a que estos silicatos sólo resisten un único ciclo de erosión-transporte-deposición. Además, son minerales detríticos muy comunes en rocas sedimentarias como las areniscas y conglomerados. En adición contienen poco U y Th, por lo tanto su composición isotópica de Pb común se encuentra inalterada desde la cristalización de la roca fuente, ya que no se ve afectada por el decaimiento radioactivo. Trabajos previos manifiestan que la firma isotópica de Pb común en los feldespatos potásicos puede resistir la meteorización, el transporte, la diagénesis y la exposición a fluidos hidrotermales. Se han realizado 4 sesiones analíticas, en donde en cada una se fueron ajustando algunos parámetros para ir mejorando las condiciones de análisis y encontrar las ideales. Los resultados manifiestan que la intensidad de la señal es una función de la concentración de Pb en

la muestra (Tyrrell et al., 2006). Además, con estos mismos datos de las relaciones isotópicas de Pb, se elaboraron gráficos de dispersión, en donde la distribución de los datos en las gráficas se compararon y se hace evidente la disminución de la dispersión, el error interno e incertidumbres de los datos a medida que se avanza en los análisis y se combinan y cambian algunos parámetros. Así mismo se puede apreciar como la precisión y exactitud de cada análisis fue mejorando a través del tiempo y con cada nueva sesión analítica.

GEOQP-16 CARTEL

ANÁLISIS TEXTURAL 2D DE ROCAS GRANÍTICAS DEL SUR DE MÉXICO: INFERENCIAS DE LA HISTORIA DE CRISTALIZACIÓN DEL PLUTÓN DE LA HUACANA, MICHOACÁN

Romero-Carrillo Ninfa Lizbeth¹, Hernández-Bernal María del Sol² y Velasco-Tapia Fernando¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
lizromeroc@hotmail.com

La descripción y estudio de las texturas magmáticas son de gran utilidad ya que brindan información valiosa sobre las condiciones de la cristalización de los magmas, procesos de diferenciación e historias de enfriamiento. La cuantificación de la textura, entendida como el conjunto de las relaciones de tamaño y forma de los cristales que conforman la roca, es la cualidad más visible de cualquier roca. Existen variaciones en términos de abundancia relativa y distribución de tamaños de grano que solo pueden ser establecidas y caracterizadas mediante métodos cuantitativos. Éste es el caso de la técnica conocida como: análisis de la distribución de tamaños de granos ("Crystal Size Distribution", CSD) establecido por B. D. Marsh en los años ochenta. Este tipo de análisis dimensional-textural contribuye a estimar historias de enfriamiento, procesos de nucleación y crecimiento de los cristales a partir del magma. La propuesta de este proyecto es describir mediante esta técnica y datos geocronológicos, a un cuerpo plutónico paleógeno de la Sierra Madre del Sur en el municipio La Huacana, Michoacán, para estudiar los procesos de cristalización de este cuerpo. Los datos de autores previos y los obtenidos en este trabajo indican firmas químicas subalcalinas, distribuyéndose en los campos de monzodiorita, granodiorita y monzogranito. Las edades reportadas por otros autores fueron obtenidas con los métodos de K/Ar, Ar/Ar y Rb/Sr y varían desde 33 hasta 42 Ma. Las edades U/Pb obtenidas en este trabajo en concentrados de zircones varían entre 40 y 36 Ma, mostrando altas tasas de enfriamiento. Se presenta una descripción petrográfica y análisis dimensional 2D en tres planos ortogonales X-Y-Z de los detalles texturales de dos muestras del plutón de La Huacana utilizando el software libre ImageJ v.1.51k. A partir de estas imágenes, se reconstruye la textura de la muestra en 3D con el software libre CSD Corrections v. 1.55, proponiendo la secuencia de cristalización de los minerales. Este estudio ha sido financiado por el proyecto PAPIIT-UNAM- IA106217.

GEOQP-17 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DEL VALLE EL SAUZ ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Villalobos Aragón Alejandro, Cervantes Gonzalez Indra Daniela, Sifuentes Acosta Karla Ivonne, Espejel García Vanessa Verónica y Espejel García Daphne
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
avillalobos@uach.mx

Las condiciones áridas preponderantes en la porción norte de la República Mexicana provocan una dependencia excesiva hacia la extracción de agua subterránea en acuíferos granulares. Desde estudios realizados en la década de 1980, se ha detectado que existen elevadas concentraciones de As y F en el agua del acuífero de El Sauz Encinillas en la porción central del estado de Chihuahua. Diferentes autores han especulado sobre el origen de dichos elementos en la zona, desde la abundancia de rocas ígneas alcalinas, la posible presencia de minerales tales como fluorita y arsenopirita, o de rocas clásticas a profundidad (¿lutitas?) o la abundancia de las arcillas, etc. Sin embargo, si bien se han realizado estudios al agua del acuífero, no se ha realizado un estudio de caracterización de materiales geológicos (rocas y sedimentos), en cuanto a calidad y ni siquiera en cuanto a su espesor. Para la caracterización de los sedimentos, se llevó a cabo una serie de experimentos de columna en los cuales se determinó que al pasar el agua a través de los sedimentos se lixivian tanto el F como el As. Debido a lo anterior se realizaron análisis de digestión y de caracterización (ICPOES y posiblemente XRD) en el SGM con el fin de identificar fases minerales en las cuales se pudiese tener la presencia de As.

GEOQP-18 CARTEL

ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS POURBAIN EN GEOCHEMIST'S WORKBENCH PARA MONTAÑA DE MANGANESO S.L.P.

Hernández Cervantes Andrea Leticia¹, González Partida Eduardo¹ y Villanueva Estrada Ruth Esther²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
andrea_geologia@hotmail.com

El diagrama de Pourbaix (también denominado diagrama de Potencial-pH o diagrama de Predominancia-área) es una gráfica de potencial Redox en función del pH, que muestra las principales especies termodinámicamente estables para un elemento dado. En geoquímica, estos diagramas son útiles para estudiar las sustancias inorgánicas formadas en el suelo con los cambios de pH y de las condiciones oxidantes, también para estudiar la composición de rocas y las diferentes alteraciones que han sido posibles mediante los procesos de meteorización (J-G. Carriazo et. al, 2007). Los diagramas se realizaron en el Geochemist's Workbench (GWB), el cual es un conjunto integrado de herramientas de software interactivo de modelado geoquímico que se utiliza para equilibrar las reacciones químicas, calcular los diagramas de estabilidad y los estados de equilibrio de las aguas naturales, trazar los procesos de reacción, modelar el transporte reactivo, trazar los resultados de estos cálculos y almacenar los datos relacionados. No se cuenta con los datos suficientes del fluido mineralizante en Montaña de Manganese, ya que es un sistema fósil, es por ello que se consideró un fluido alterno con características similares. Se justificó la utilización del fluido reportado mediante una tabla comparativa de las características de los 2 depósitos; Montaña de Manganese (S.L.P.) y Bahía Concepción (B.C.S). De la muestra San-1 (Villanueva-Estrada Ruth E., 2007), se utilizaron las concentraciones de Ca, Mg, K, Na, Cl, SO₄, HCO₃, Li, Sr, F, Mn, Fe, Ba, B(OH)₃, As(OH)₃, SiO₂. De Montaña de Manganese se utilizaron los datos de temperatura, salinidad y presión. Se elaboraron 2 diagramas, uno a 101 °C y otro a 132 °C, para representar el rango de temperaturas reportadas en las inclusiones fluidas de Montaña de Manganese. En los diagramas de pueden apreciar 2 fases; una azul para las especies químicas acuosas y una fase amarilla para las especies minerales. La variación entre los 2 diagramas es mínima. Los diagramas son consistentes con la geología reportada en Montaña de Manganese donde la roca encajonante a la veta se encuentran minerales con presencia de Mn y/o Fe que pudieron ser transportados en su forma acuosa y alterar la roca para generar minerales como la Todorokita, Goethita y Celadonita (Fase Azul). En la zona de veta se diferencian 2 fases; una ubicada en los costados dominado por la presencia de Hematita y al centro una fase dominada por minerales de Manganese como lo son la Pirolusita y la Rodonita (Fase amarilla).

GEOQP-19 CARTEL

INICIO DE OPERACIONES DEL LABORATORIO INTERINSTITUCIONAL DE GEOCRONOLOGÍA DE ARGÓN (LIGAR) UNAM-CICSE

Orozco Esquivel Teresa¹, López-Martínez Margarita², Ferrari Luca¹ y Hernández-Quevedo Gabriela¹
¹Centro de Geociencias, UNAM
²CICSE
torozco@geociencias.unam.mx

El método Ar-Ar es uno de más utilizados en la Geocronología para la determinación de edades en muestras con una historia térmica compleja, con aplicaciones en la determinación de la edad de procesos magmáticos y metamórficos, el estudio de la evolución de cámaras magmáticas, la reconstrucción de historias de enfriamiento y exhumación, y la edad de formación de pliegues y fallas, entre otros. Con el objetivo de ampliar y actualizar las capacidades analíticas para estudios geocronológicos en México a partir de este año entra en operación el nuevo Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón (LIGAR), instalado en el Centro de Geociencias, UNAM. Este laboratorio conjunto del CICSE y la UNAM se concibe como un laboratorio abierto que contribuya a cubrir las necesidades de investigación y vinculación de la comunidad geocientífica del país. En el laboratorio está instalado un espectrómetro de masas para gases nobles NGX de la empresa Isotopx. Este es un equipo multicolector de última generación que permite el análisis de los isótopos de argón tanto de manera simultánea como por "peak jumping" empleando cuatro detectores Faraday con resistores de 10E12 ohms, un detector Faraday con resistor de 10E11 ohms y un multiplicador. Esta configuración ofrece gran versatilidad para establecer el método óptimo de análisis dependiendo de la composición, edad y cantidad de muestra disponible. El diseño del equipo con un bajo volumen y un radio grande del tubo de vuelo permite alcanzar actualmente una sensibilidad de 0.0036 amps/Torr y resoluciones de picos mayores a 300 (<0.13 uma). El espectrómetro NGX está conectado a un sistema láser de iones de Ar y un horno de resistencia con temperatura controlada para la extracción del argón de las muestras, y con una línea de purificación del gas automatizada. Todo el sistema se puede desgasificar a 350°C, lo que permite alcanzar alto vacío (~2E-10 Torr) y valores de fondo bajos (~2E-14 cc STP a m/z 36). Con este equipo se pueden realizar: 1) fusiones en un paso de monocristales, 2) calentamiento en etapas utilizando el láser y 3) calentamiento en etapas utilizando el horno de temperatura controlada. La extracción, operación del espectrómetro de masas y adquisición de datos se

realiza por medio de software específico para el NGX y los datos de salida son procesados con los programas de cómputo RadAn y AgeCalc desarrollados en el Laboratorio de Geocronología del CICESE. El LIGAr recibió financiamiento del proyecto de infraestructura CONACyT INFR-2014-01-224667 para la adquisición de los equipos principales, y apoyos de la Coordinación de la Investigación Científica y la Secretaría Administrativa de la UNAM para la construcción del edificio y adquisición e instalación de equipo periférico.

GEOQP-20 CARTEL

LA CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS SILICATOS INTERPRETADA CON DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Mendoza Abraham, Paz Francisco Abraham, Vega
Granillo Ricardo y Vidal Solano Jesús Roberto
Universidad de Sonora, UNISON
mendozacordova@ciencias.uson.mx

Los silicatos constituyen más del 95 % de la corteza terrestre, tienen una gran importancia geológica por el hecho de ser algunos de ellos minerales formadores de rocas. Esta clase de minerales está basada en la repetición de la unidad tetraédrica (SiO_4)⁴⁻, las cuatro cargas negativas generalmente son compensadas por la presencia de iones de metales alcalinos o alcalinotérreos, o bien por otros metales como el aluminio y hierro. Las propiedades de los silicatos dependen de la forma en que se enlaza la unidad fundamental de los silicatos, el tetraedro de (SiO_4)⁴⁻ con determinados cationes. La clase de los silicatos se divide así en las siguientes subclases: Nesosilicatos: con tetraedros sueltos. Sorosilicatos: con dos tetraedros unidos por un vértice. Ciclosilicatos: con grupos de tres, cuatro o seis tetraedros, unidos en anillo. Inosilicatos: con grupos de tetraedros unidos en largas cadenas de longitud indefinida. Filosilicatos: con tetraedros unidos por tres vértices a otros, formando una red plana. Tectosilicatos: con tetraedros unidos por sus cuatro vértices a otros tetraedros, produciendo una malla compleja. En este trabajo se hicieron mediciones de todas las subclases de silicatos con un difractómetro para polvos marca Bruker modelo D8 Advance, con radiación K α -Cu. Al agrupar los difractogramas obtenidos se puede observar la existencia de patrones para cada una de las subclases, la definición de dichos patrones es en base a los siguientes parámetros: Intensidad de los picos (I), Ángulo de difracción (2 θ) y Distancia Interplanar (d). Considerando dichos parámetros, se puede observar un patrón general para la clase de los silicatos, en el que los grupos anhídros y de estructuras simples presentan picos de alto ángulo y moderada intensidad. Los grupos hidratados y de estructuras más abiertas tienden a presentar picos de bajo ángulo y de mayor intensidad. También se observa que los minerales con grandes iones como el K y el Na tienen picos muy intensos y de bajo ángulo. En cuanto a la cantidad de picos, dado que cada pico representa un determinado plano, las estructuras más complejas como los tectosilicatos y filosilicatos son las que mayor cantidad presentan, mientras que en las estructuras más simples como los Nesosilicatos y los Sorosilicatos es lo contrario.

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizadores:

Guillermo Hernández
Eric Morales Casique
José Tuxpan Vargas

MSG-1

MODELOS MIXTOS Y CÓMPUTO EN PARALELO

Vera Norberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbrtvr@gmail.com

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo mixto de flujo bifásico en medios porosos, utilizando descomposición de dominio, cómputo en paralelo con MPI y una geometría general tridimensional. La construcción del modelo utiliza las ecuaciones de balance de masa y la ecuación constitutiva de Darcy para cada fase. La formulación del modelo matemático se plantea por medio de dos modelos mixtos acoplados (velocidad total-presión global) y (flujo de saturación-saturación), en un dominio tridimensional cualquiera. En la macrohibridización del problema se utiliza un método de descomposición de dominio para su descomposición espacial, y su reformulación equivalente como un conjunto de E subproblemas en E subdominios, con condiciones de transmisión en los campos velocidad total, presión global, flujo de saturación y saturación, en las interfaces entre subdominios, obteniendo así un modelo macrohíbrido mixto (MHM). En la formulación variacional de este modelo se incorporan condiciones de frontera, condiciones de transmisión y se establecen condiciones iniciales. Para obtener una solución numérica aproximada del modelo (MHM), replanteamos el modelo macrohíbrido utilizando elemento finito mixto, con lo que se obtiene un conjunto de E sistemas acoplados a resolver de manera simultánea. Para resolver el conjunto de E sistemas acoplados, se desarrolló un programa en Fortran con MPI, con el propósito de aprovechar el cómputo en paralelo y obtener los campos de modelo. Los resultados que se muestran, corresponden a una evolución espacio-temporal de los campos del modelo: velocidad, presión y saturación para cada fase, en una geometría tridimensional.

MSG-2

GRADIENTE CONJUGADO PRECONDICIONADO EN PARALELO PARA CALCULAR EL DESARROLLO DE FASE BIDIMENSIONAL EN INTERFEROMETRÍA DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (INSAR)

Covarrubias Calderón Carlos Armando, Suárez Gerardo y Sánchez Zamora Osvaldo
Instituto de Geofísica, UNAM
ccovarrubias91@live.com.mx

La Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) es una técnica de observación terrestre remota, que permite medir propiedades físicas y geométricas de la superficie terrestre, así como su cambio en un periodo de tiempo dado. Su amplio campo de aplicación parte de la capacidad de medir desplazamientos en el terreno lo cual la hace una técnica ideal para el estudio de deformación asociada a sismos, subsidencia por extracción de fluidos, fracturamiento, etc. Al ser adquirida una imagen, la fase de pixel, debido a la naturaleza senoidal de la onda, comprende valores de 0-2 π . El desarrollo de la solución de fase interferométrica, consiste en agregar N-múltiplos enteros a su valor, considerando la ambigüedad con pixeles vecinos para que la fase resultante sea continua, y su solución normalmente es muy costosa computacionalmente. El problema de desarrollo de fase puede modelarse como la minimización de una función de costo con pesos y parámetros de regularización, que llevado a un sistema del tipo $Ax=b$ puede ser resuelto por métodos numéricos inversos, directos o iterativos. De éstos últimos, el Gradiente Conjugado es el más prominente para resolver sistemas dispersos (y de grandes dimensiones) de ecuaciones lineales, por su rápida convergencia. En este trabajo se muestra la solución del desarrollo de fase interferométrica aplicando gradiente conjugado preconditionado (por Choleski incompleto) con número de condición como criterio de convergencia, y paralelizado para incrementar la eficiencia computacional.

MSG-3

ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTO TOTAL Y PARÁMETROS MEDIANTE FILTRO DE KALMAN ENSAMBLADO DURANTE LA CONSOLIDACIÓN NO-LINEAL UNIDIMENSIONAL EN ACUITARDOS HETEROGÉNEOS ALTAMENTE COMPRESIBLES

Zapata Norberto Berenice¹, Morales Casique Eric² y Herrera Zamarrón Graciela³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
berezapatan@yahoo.com.mx

En sistemas hidrogeológicos multicapa sujetos a extracción intensiva de agua subterránea puede ocurrir subsidencia del terreno. La subsidencia puede ser severa si alguna de las capas es un acuitardo altamente compresible. Esta situación se presenta en la Ciudad de México donde la consolidación del acuitardo superior alcanza valores acumulados de 14 o 15 m. El flujo de agua subterránea y la consolidación del acuitardo son procesos no-lineales acoplados donde los parámetros del medio dependen del esfuerzo efectivo. El problema se complica aun más cuando se considera la heterogeneidad natural observada en los parámetros

hidrogeológicos y geotécnicos. En este trabajo presentamos un método novedoso para la modelación unidimensional del flujo de agua subterránea y la consolidación, donde las predicciones del modelo y los parámetros son "corregidos" mediante la asimilación de datos de presión de poro medidos. Estos datos son asimilados al modelo utilizando el filtro de Kalman ensamblado. Para probar nuestra metodología, implementamos un modelo unidimensional simplificado de un acuitardo limitado por acuíferos en las partes superior e inferior. Los acuíferos conservan carga hidráulica constante (fronteras tipo Dirichlet). Al inicio de la simulación el acuífero inferior experimenta un cambio instantáneo en su carga hidráulica. Generamos 2000 realizaciones de conductividad hidráulica con un modelo de correlación espacial exponencial. Generamos una realización adicional que será la "realidad". El flujo de agua subterránea y la consolidación son resueltos para esa "realidad" utilizando diferencias finitas y malla deformable; de estos resultados tomamos ("muestreamos") valores de presión de poro y los perturbamos con un error de media cero y varianza seleccionada para representar el error de medición. Estos son los datos que son asimilados. Adicionalmente, el flujo de agua subterránea y la consolidación son resueltos para cada realización. Los valores de presión de poro "muestreados" son asimilados cada 10 años. El tiempo de simulación total es de 275 años. Nuestros resultados muestran que la metodología reproduce exitosamente el asentamiento total del terreno y la distribución espacio-temporal tanto de la conductividad hidráulica como de la presión de poro del ejemplo de referencia o "realidad".

MSG-4

MODELADO DE ONDA ELÁSTICA CON BASE A FÍSICA DE ROCAS. CASO DE ESTUDIO: CAMPO TENERIFE, CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, COLOMBIA.

Munoz Garcia Andres Mauricio¹, Iturrarán-Viveros Ursula²,
Bustos Henry Yecid³ y Espitia Nery Martin Eduardo³
¹Corporación Universitaria Minuto de Dios
²Facultad de Ciencias, UNAM
andresmm63@gmail.com

La Cuenca del Valle Medio del Magdalena (CVMM) se encuentra al noroeste de Colombia entre las Cordilleras Central y Oriental de los Andes, y tiene una extensión aproximada de 36.000Km². Este trabajo presenta los resultados del estudio que tiene por objetivo caracterizar a escala sísmica el yacimiento del campo Tenerife (en la CVMM) con base a física de rocas, empleado la metodología que se resume a continuación. El modelo petrofísico del campo Tenerife se hizo con base a las propiedades geológicas, estructurales, informes de campo y registros de núcleo disponibles en los pozos Tenerife-1, Tenerife-2 y Tenerife-3. El cálculo de los pseudo-registros, porosidad (#), saturación de agua (Sw) y volumen de arcilla (Vclay), se hizo a partir de los registros eléctricos de cada pozo y después de evaluar los modelos de física de rocas que más se ajusten a las propiedades litológicas de los núcleos disponibles. La curva de porosidad fue estimada en cada pozo a partir de los registros disponibles y empleando la siguiente metodología: 1) usando ecuación tiempo promedio de Wyllie y 2) las relaciones de Raymer-Hunt-Gardner; La saturación de agua se estimó usando: 1) la ecuación de saturación de agua de Archie; 2) el modelo de saturación de agua en arenas arcillosas que mejor se ajustó a la litología del yacimiento; y 3) El volumen de arcilla (Vclay) fue estimada a partir del registro potencial espontáneo y el registro rayos Gamma. Por otro lado, uno de los mayores objetivos de este trabajo fue caracterizar el yacimiento de la cuenca usando física de rocas. Fue necesario diseñar una metodología de trabajo que involucre modelos de física de rocas que se ajusten bien a las condiciones litológicas, mineralógicas, de porosidad, y saturación de fluidos del lugar de estudio, además que dichos modelos sean físicamente plausibles. A continuación se resume la metodología empleada con este fin: 1) cálculo de los parámetros elásticos de la mezcla de fluidos usando el modelo de suspensión de Wood, 1941. Las propiedades sísmicas de los fluidos individuales serán estimadas usando la metodología planteada por Blatzle and Wang (1992); 2) cálculo de los parámetros elásticos de granos minerales en la matriz de roca implementando el promedio Voigt-Reuss-Hill (VRH) según las condiciones del yacimiento; 3) cálculo de los parámetros elásticos de la roca seca implementando la teoría planteada por Kuster y Toksón; y finalmente 4) cálculo de los parámetros elásticos de la roca saturada usando la ecuación de Gassmann, siguiendo el modelo mezcla arcilla-arena de Xu y White (1995,1996). Una vez calculados los parámetros elásticos de roca saturada y realizada las pertinentes correlaciones con los datos de núcleo, registros de pozo, y las conocidas características geológicas y estructurales, obtuvimos el modelo de física de rocas del yacimiento del campo Tenerife. Estos datos fueron los parámetros de entrada para obtener datos sintéticos a través de la ecuación de onda elástica con anisotropía VIT (vertical transverse isotropy)

MSG-5

SIMULACIÓN MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SALMUERAS MINERALIZANTES EN EL YACIMIENTO DE COBRE DE SAN MARCOS, COAHUILA

Luna Andrade Mónica Azucena¹, Herrera Zamarrón Graciela² y Canet Miquel Carles²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

monicaa.luna@gmail.com

García-Alonso et al. (2011) propusieron un modelo conceptual para el origen del yacimiento de cobre de San Marcos, Coahuila, en el que se supone que en la cuenca sedimentaria existieron salmueras capaces de lixiviar y transportar grandes cantidades de cobre, éstas ascendieron a través del medio poroso desde lo profundo y por la falla sinsedimentaria de San Marcos y, al pasar a través del límite redox marcado por la transición de los lechos rojos a grises, se dio la precipitación del cobre. En este trabajo se revisan algunas de las hipótesis del modelo conceptual, se proponen otras nuevas y se comprueban con modelación numérica de la dinámica del flujo y transporte de las salmueras en el medio poroso utilizando el simulador SUTRA del USGS. Referencia: García-Alonso, D., Canet, C., González-Partida, E., Villanueva-Estrada, R. E., María Prol-Ledesma, R., Alfonso, P., Lozano-Santa Cruz, R. (2011). The Cretaceous sediment-hosted copper deposits of San Marcos (Coahuila, Northeastern Mexico): An approach to ore-forming processes. *Journal of South American Earth Sciences*, 432-443.

MSG-6

CAPABILITY OF VARIATIONAL MASS-CONSISTENT MODELS FOR DATA ASSIMILATION OF TIME-DEPENDENT FLOWS AND FOR ESTIMATING TRAJECTORY MODELS

Mendoza Rocio y Núñez Marco Antonio
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, UAM-I
oicormf@gmail.mx

Lagrangian trajectory models of atmospheric fluid parcels have been used over a wide range of spatial scales to study the transport and dispersion of pollutants, radioactive materials, and ash clouds produced by volcanic eruptions or modeling global carbon cycle. These models are obtained by interpolation and integration of velocity data given by meteorological networks and global numerical models. However, the sole interpolation does not guarantee a correct mass balance. In the literature it is pointed out trajectory calculations have three error sources: error in the gridded data from measurements error or from approximations in Eulerian numerical models, error from the spatial and temporal resolution of data, and truncation error from numerical integration of the velocity field, but it has been ignored that the use of a wind field that does not satisfy the mass balance is the main source of error in the trajectory models. In a previous work we showed that trajectory models can be structurally unstable under small perturbations of the mass balance, e.g., the flow can go from hyperbolic to elliptic and vice versa. In this work we propose a mass-consistent approach to correct this structural instability, and we study the structural instability of non-stationary velocity fields under time-dependent mass balance perturbations. The orthogonal projection character of this approach guarantees the correction of the velocity field even for large and time-dependent perturbations of the mass-balance. This is illustrated by means of trajectories of particles of numerical examples. Almost all the literature devoted to compute trajectories models has ignored the mass -consistent models in part, because such models have been considered as diagnostic models. However, the examples of this work shows that mass-consistent models can yield reliable trajectories of real time-dependent atmospheric flows, in other words, the mass-consistent models can be used for four-dimensional data assimilation of velocity data.

MSG-7

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA INUNDACIÓN POR UN TSUNAMI DE LA REGIÓN DE ZIHUATANEJO, COSTA DEL PACÍFICO MEXICANA

Contreras Tereza Víctor Kevin y Salas de León David Alberto
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
kevin_ct@ciencias.unam.mx

Se aplicó un modelo numérico hidrodinámico a la zona de Zihuatanejo, costa de México en el Océano Pacífico, para estudiar las alturas y tiempos de arribo de un tsunami producido por un sismo hipotético de magnitud 7.0 grados Richter con epicentro en 16.9718° N, -101.973° W. Así como, la forma de inundación en la ciudad de Zihuatanejo por efecto del tsunami. El tiempo que tarda el tsunami en llegar a la zona de Zihuatanejo es 19 min, el máximo de altura se presenta a los 20 min con una altura de aproximadamente 2 m, la primera fase positiva de altura dura hasta los 21 min con 25 s. Durante la fase positiva de la altura del tsunami es cuando se inunda la zona habitacional de Zihuatanejo. Las inundaciones alcanzan una altura máxima de 3 m y logran internarse hasta 168.5 m tierra adentro, afectando las calles aledañas a la playa principal o utilizando un canal como guía para desbordarse introduciéndose

hasta 300 m o siguiendo un andador para introducirse a la parte central de la ciudad. Las zonas afectadas son principalmente locales comerciales cercanos a las playas, alejados de mercados, hospitales o zonas altamente pobladas.

MSG-8

ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA DINÁMICA DEL AGUA EN LA ZONA NO SATURADA, DE UN SUELO SUJETO A PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN

Ortega Guerrero Marcos Adrián¹ y Aguilar García Ramón²¹Centro de Geociencias, UNAM²Campo Experimental del Norte de Guanajuato - INIFAP
maog@geociencias.unam.mx

Uno de los temas centrales en el estudio de los sistemas de flujo de agua subterránea es el de la interacción del ciclo hidrológico y la dinámica del agua en la zona no saturada o zona vadosa, a través de la capa superficial de suelo. Para ello, se utilizó un modelo computacional para explorar y resolver problemas complejos en la respuesta del comportamiento del agua entre la superficie y la zona no saturada de un suelo de uso agrícola de temporal, permanente, que ha sido sujeto a prácticas de conservación por más de doce años, en el Acuífero de la Independencia (Cuenca Alta del río La Laja), perteneciente a la Cuenca Lerma-Chapala. El análisis numérico unidimensional se apoyó en la estratigrafía y propiedades del medio granular en los primeros 2.50 m de profundidad, y se examinaron los efectos de pruebas de infiltración y de la distribución de la precipitación en el balance de agua y respuesta transitoria de los contenidos de humedad en el perfil de suelo, por Refractometría en el Dominio del Tiempo, a profundidades de 0.15, 0.30, 0.60 0.90 y 1.20 m, considerando los diferentes estratos. En el análisis se evaluaron condiciones de frontera, sensibilidad a la variación de la conductividad hidráulica saturada y otras variables principales. Los resultados mostraron que, en general, se lograron reproducir la respuesta de los contenidos de humedad a las diferentes profundidades debidas a las pruebas de infiltración, no así a la respuesta de las lluvias individuales. Por lo que, es de esperarse que el suelo en el área de estudio presente flujo preferencial en macro-poros, por las prácticas de conservación a las que ha estado expuesto y requiera registros de lluvia más detallados para analizar este tipo de suelos, e incluir la generación de datos a dos y tres dimensiones para la aplicación de modelos computacionales más complejos.

MSG-9

MODELACIÓN DE AVENIDAS UTILIZANDO WRF-HYDRO. CASO DE ESTUDIO: RÍOS DE LA SIERRA, TABASCO, MÉXICO.

Morales Velázquez Mirce Ivón¹, Aparicio Mijares Javier² y Herrera Zamarrón Graciela³¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Comisión Nacional del Agua, CONAGUA³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
mirce_morales_v@live.com.mx

Se muestra el uso del modelo atmosférico – hidrológico WRF-Hydro en la modelación de avenidas tomando como caso de estudio las cuencas de los Ríos de La Sierra, localizadas entre los estados de Tabasco y Chiapas, en la Región Hidrológica Administrativa RH30Di, cuenca Río Grijalva-Villahermosa. En esta cuenca se concentran dos de los ríos más caudalosos de nuestro país, los ríos Grijalva y Usumacinta mismos que con frecuencia presentan problemas importantes de inundación, como las ocurridas el 27 de octubre de 2007 afectando el 80% del territorio del estado de Chiapas. El modelo WRF-Hydro es un paquete de extensión hidrológica para el modelo WRF (Weather Research and Forecasting Model), desarrollado por el National Center for Atmospheric Research (NCAR) para representar los procesos hidrológicos terrestres relacionados con la redistribución espacial de las aguas superficiales y subterráneas en la superficie terrestre y facilitar, además, el acoplamiento de modelos hidrológicos con modelos atmosféricos. El modelo se probó utilizando los forzantes atmosféricos contenidos en el sistema GLDAS (Global Land Data Assimilation System), el cual combina cuatro modelos de superficie terrestre: Mosaic, Noah, The Community Land Model (CLM) y el Variable Infiltration Capacity (VIC), integrando además un base de datos de observaciones de alta calidad. Este sistema es ejecutado a escala global a una resolución de 1 km y sus productos incluyen estados de superficie (ej. humedad y temperatura del suelo) y flujos de energía (ej. evaporación y flujos de calor sensible). Los resultados obtenidos muestran que el modelo puede ser utilizado como una herramienta confiable en la simulación de avenidas con fines de pronóstico hidrológico. Su capacidad de acoplamiento y compatibilidad para utilizar las salidas provenientes del modelo WRF, mismo que es utilizado en forma generalizada en el pronóstico atmosférico en nuestro país, lo coloca como una herramienta importante en el pronóstico hidrológico operativo. En trabajo futuro estos modelos se acoplarán con un método de asimilación de datos para probar su utilidad en la mejora de los pronósticos de avenidas obtenidos.

MSG-10

MICROLOCAL ANALYSIS IN SEISMIC IMAGING

Morales Bárcenas José Héctor
 Universidad Autónoma Metropolitana, UAM
 jhmb@xanum.uam.mx

In this talk we present some of the mathematical techniques that come from partial differential equations and microlocal analysis to solve inverse problems in seismic imaging. Microlocal analysis focuses on the analysis of phase and amplitudes of Fourier integral operators (FIOs) that carry the information out of underground scatterers. Those scatterers might be edges, wedges, pikes, etc., that are of the particular interest to be rightly characterized into our operators and be imaging in our inverse problem setup. This methodology turns out to be the generalization of migration methods introduced in geophysics around 1920s that, additionally, includes improvements that come from geometrical optics, WKB approximations and Fourier and Radon transforms. We illustrate the employ of microlocal analysis through an example from wave-field scattering inversion of classical wave equation in a noise and dispersive ambient.

MSG-11

**MODELACIÓN ESTOCÁSTICA CONJUNTA
 USANDO CÓPULAS DE LA DEPENDENCIA ENTRE
 PROPIEDADES PETROFÍSICAS Y ATRIBUTOS
 SÍSMICOS A ESCALA DE REGISTROS DE POZO**

Vázquez Ramírez Daniel¹, Díaz-Viera Martín² y Van Huong Le¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto Mexicano del Petróleo

daniel.geofisico89@comunidad.unam.mx

En la industria petrolera los datos de registros de pozo de propiedades petrofísicas como la porosidad, la permeabilidad, la saturación de agua, etc., son usualmente la fuente de información más confiable que se dispone en la dirección vertical para la caracterización estática de yacimientos. Mientras que la información sísmica cuando se tiene nos permite de manera indirecta inferir a través de los atributos sísmicos el comportamiento de las propiedades físicas de las rocas en la dirección horizontal (Li & Zhao, 2014). Sin embargo, existe una serie de problemas relacionados con la caracterización de dichos reservorios debido a la alta incertidumbre propia de los datos, ya que la información está fragmentada, es limitada y estadísticamente es no representativa, por lo que el empleo de modelos de estimación determinísticos basados en enfoques de regresión o de redes neuronales fallan en un elevado porcentaje en sus predicciones. En años recientes debido a lo antes mencionado y al creciente poder de cómputo, se prefiere el enfoque estocástico, el cual permite mediante un modelo de distribución de probabilidad de una o varias variables, en este caso de los datos petrofísicos y atributos sísmicos, manejar la incertidumbre del fenómeno. En este contexto, se propone un método estocástico para la simulación de propiedades petrofísicas usando cópulas. Donde una cópula es una función que combina o acopla las funciones de distribución marginales para formar una función de distribución multivariada (Nelsen, 1999). Entonces, podemos representar las estructuras de dependencia entre una o varias propiedades petrofísicas (variables primarias) con uno o varios atributos sísmicos (variables secundarias). Esto representa una ventaja muy importante, ya que no se requiere que la dependencia entre las propiedades petrofísicas y atributos sísmicos sea de algún tipo específico (Díaz-Viera, Erdelyi, Kerdan, del-Valle-García, & Mendoza-Torres, 2017). El procedimiento consiste básicamente en la aplicación del método de recocido simulado usando como funciones objetivo la distribución de probabilidad estimada mediante una cópula y la estructura de dependencia espacial (variograma) de la variable primaria. La aplicación de la metodología se ilustra en un caso de estudio a escala de registros de pozo en el que los resultados se comparan con el método de co-simulación secuencial Gaussiana.

MSG-12

**CARACTERIZACIÓN DE RESERVORIOS A
 ESCALA SÍSMICA USANDO FÍSICA DE ROCAS
 Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES.
 CAMPO TENERIFE EN COLOMBIA**

Munoz García Andres Mauricio¹, Iturrarán-Viveros Ursula²,
 Tago Pacheco Josue³ y Montes Vides Luis Alfredo⁴

¹Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

⁴Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia
 andresmm63@gmail.com

Entrenamos Redes Neuronales Artificiales (RNA) para estimar a escala sísmica la porosidad efectiva $\#e$, saturación de agua S_w , y el volumen de arcilla V_{cl} . Usamos una sección sísmica apilada de onda-P registrada en el Campo Tenerife de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (CVMM) y el modelo petrofísico calculado en uno de los pozos disponibles usando los registros GR, SP, y las ecuaciones de Raymer y Simandoux para arenas arcillosas, hicimos además una discriminación

litológica y de fluidos a escala de pozo usando cross-plots de impedancia de onda P (I_p), Impedancia de onda S (I_s) y relación V_p/V_s que apoyaron la interpretación de los resultados de estimación, además confirman el yacimiento de la cuenca en la formación Mugrosa. Aplicamos atributos sísmicos a la sección apilada y tomamos la traza más cercana a uno de los pozos disponibles y los parámetros petrofísicos mencionados para entrenar RNA. Usamos la prueba Gamma, una herramienta de modelado no lineal no paramétrica matemáticamente para elegir la mejor combinación de atributos de entrada y predecir parámetros petrofísicos a lo largo de la línea. Se trata tal vez de los primeros resultados significativos de caracterización petrofísica de este campo a escala sísmica. A partir de la estimación petrofísica y continua de V_{cl} distinguimos dos facies: arenas y arcillas. Esta clasificación se ajustó bien al interés de este estudio, pues la resolución de los registros de pozo es mayor que la sísmica, de otra manera muchos objetivos no serían resueltos por los datos sísmicos.

MSG-13

**MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA SOLUCIÓN DEL
 PROBLEMA 2.5D DE MODELADO DIRECTO DE DATOS
 CSEM MARINOS EN MEDIOS ANISOTRÓPICOS**

González Hernández Julio César¹, Hernández Velázquez
 Cynthia Brisseida¹ y Esparza Hernández Francisco Javier²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 julio.igfbuap@gmail.com

El método Electromagnético marino de Fuente Controlada (CSEM) ha sido ampliamente utilizado para estudiar la distribución de la conductividad en la corteza oceánica y el manto superior. En años recientes, la incorporación de anisotropía eléctrica vertical en el modelado de datos CSEM ha permitido la detección de capas someras y muy delgadas, haciéndolo fácilmente correlacionable con horizontes sísmicos, y por lo tanto, ha tenido una creciente aplicación en la exploración de hidrocarburos. Actualmente, la mayoría de levantamientos electromagnéticos son llevados a cabo e interpretados en 3D, sin embargo, es muy común obtener datos a lo largo de perfiles bidimensionales, los cuales rara vez son modelados con algoritmos 2.5D que incluyan anisotropía eléctrica. Entiéndase por 2.5D a la aproximación bidimensional a un espacio 3D. Anteriormente habíamos desarrollado un algoritmo numérico 2.5D para datos CSEM que toma en cuenta la anisotropía eléctrica y ofrece una mejor representación de unidades geológicas finamente alargadas tales como las lutitas y reservorios de hidrocarburos interestratificados. Resolvimos las ecuaciones de Maxwell considerando anisotropía vertical transversal (TV) por medio de un esquema de diferencias finitas en el dominio de la frecuencia. Este algoritmo considera un campo eléctrico generado por una fuente tridimensional de dipolo eléctrico horizontal (HED) dentro de un modelo bidimensional en el cual la conductividad es constante a lo largo de la dirección de rumbo. La efectiva dimensionalidad se reduce aplicando la transformada de Fourier, empleando una metodología alterna de interpolación (splines cúbicos) distinta a la anterior (exponencial), al campo eléctrico primario sobre la dirección de rumbo y resolviendo para el campo secundario nuestro esquema de diferencias finitas 2D en el dominio del número de onda. Para calibrar nuestro algoritmo probamos con modelos estratificados y bidimensionalmente heterogéneos. Realizamos también comparaciones con productos de un algoritmo alternativo de modelado directo 2D con anisotropía, facilitados por un particular, con la finalidad de verificar el rango de error.

MSG-14

**MODELADO TRI-DIMENSIONAL CON BOBINAS EM
 COPLANARES MEDIANTE MALLADO INTERCALADO**

Valdés Moreno Beatriz, Pérez Flores Marco Antonio y De Basabe Jonás D.
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 betty.vald@gmail.com

Los métodos electromagnéticos en la geofísica incluyen una amplia variedad de técnicas, aplicaciones y procedimientos de interpretación. La técnica que se aborda en este trabajo consiste en colocar dos bobinas sobre el suelo: una crea un campo magnético alterno que induce corrientes eléctricas en el subsuelo (fuente controlada) y la otra mide los efectos de estas corrientes (receptor magnético). Varias compañías, entre ellas Geonics ha diseñado equipo electromagnético (EM) como el EM31, el EM34 y el EM38 con el fin de realizar mediciones de conductividad aparente a bajos números de inducción (LIN). Los equipos operan en dos modalidades: bobinas horizontales coplanares (BHC) y bobinas verticales coplanares (BVC). Una característica atractiva de este tipo de método es que la profundidad de penetración depende de la separación entre transmisor y receptor. El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar el modelado directo (conductividades aparentes) de cuerpos simples a partir de la solución numérica de las ecuaciones de Helmholtz en el dominio de la frecuencia para las modalidades de BHC y BVC. Se compara la respuesta a bajos y altos números de inducción. Las ecuaciones de Helmholtz inhomogéneas en el dominio de la frecuencia son ecuaciones diferenciales parciales de segundo orden. Se resuelven simultáneamente por diferencias finitas (mallado intercalado), las tres componentes del campo eléctrico para cada modalidad y después las tres componentes del campo magnético. La solución numérica de los campos magnéticos fue comparada con (i) la solución analítica para un semiespacio

homogéneo derivadas a partir del potencial vectorial de Schelkunoff, (ii) resultados publicados en artículos y (iii) finalmente conductividades aparentes a bajos y altos números de inducción.

MSG-15

MODELADO DIRECTO TRIDIMENSIONAL DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS AÉREOS

León Sánchez Adrián Misael¹, Gallardo Delgado Luis Alonso¹, Gómez Treviño Enrique¹, Flores Luna Carlos Francisco¹ y Ley Cooper Alan Yusen²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Geoscience Australia

aleon@cicese.edu.mx

Por muchos años los métodos electromagnéticos aéreos (EMA) han jugado un papel muy importante en la delimitación cuerpos mineralizados. Sin embargo, también por mucho tiempo la interpretación de dichos datos ha utilizando una tierra estratificada como modelo básico (el llamado modelo 1D). La manipulación de datos EMA implica lidiar con procesos computacionales demandantes, gran cantidad de datos y metodologías de modelado no triviales, por lo que, la interpretación 1D ha sido la más adecuada para lidiar con dichos factores. Desafortunadamente, ésta falla frecuentemente en la modelación de estructuras tridimensionales simples. En este trabajo se presenta la generación e implementación de un algoritmo de modelado directo de datos EMA en tres dimensiones, basado en un esquema de discretización de diferencias finitas y en el dominio del tiempo. Con dicho algoritmo será posible simular y predecir la respuesta de la conductividad de un subsuelo tridimensional y heterogéneo. En su primera etapa, dicho algoritmo está diseñado para simular la recopilación de datos utilizando uno de los sistemas de adquisición más populares en la actualidad (sistema TEMPEST). Una vez calibrado, será posible adecuarlo para que sea capaz de simular otro tipo de sistemas de adquisición de datos EMA. En un futuro, pretendemos utilizar el algoritmo propuesto para la implementación y generación de una nueva herramienta de inversión conjunta tridimensional, con la cual se puedan integrar datos EMA y datos potenciales.

MSG-16

RESOLUCIÓN 3D DEL TENSOR DE GRADIENTE DE GRAVEDAD

Calderón Magallón José Paúl y Gallardo Delgado Luis Alonso
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jcaldero@cicese.edu.mx

Los datos del Tensor de Gravedad (o Gradiente de Gravedad) suministran información sobre la distribución de densidades de las rocas de una manera más completa y resolutive que complementa aquella de la componente vertical de la gravedad. Esta característica ha hecho que los levantamientos Aéreos de Gradiente de Gravedad (Airborne Gravity Gradient, AGG) sean parte de los servicios geofísicos solicitados por las compañías mineras junto a los levantamientos aeromagnéticos y radiométricos. El uso primario de los datos ha sido el soporte del mapeo geológico dado al acceso limitado a software comercial para la interpretación cuantitativa a profundidad. Dado este limitado acceso al software de inversión para el tratamiento de los datos AGG, se ha limitado también nuestro entendimiento de la relevancia de estos datos para la resolución de objetivos tridimensionales en el subsuelo. En este trabajo, planteamos la hipótesis que los datos AGG poseen información detallada de las variaciones multidireccionales de la densidad de cuerpos en el subsuelo. Para probar nuestra hipótesis, desarrollamos un software para la inversión tridimensional de datos AGG mediante la técnica de gradientes conjugados. Este software fue aplicado a datos sintéticos generados para algunos ejemplos de cuerpos tridimensionales y hemos realizado un análisis SVD para explorar el poder de resolución de los diferentes componentes del Tensor de Gravedad y si verdaderamente son superiores a la gravedad vertical convencional.

MSG-17 CARTEL

MODELADO MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE DIFUSIÓN CON CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO

Mireles Arellano Fernando¹ y Tapia Armenta Juan José²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto Politécnico Nacional - CITEDI
anarquistas_666@hotmail.com

Se presenta la solución del modelo matemático de un proceso de difusión con cómputo de alto rendimiento en un procesador gráfico (GPU). El modelo matemático está definido por una ecuación diferencia parcial de segundo orden en el espacio y primer orden en el tiempo. El proceso de difusión corresponde a la ecuación de calor que se modela con diferentes condiciones iniciales y de frontera. El modelo se resuelve en una, dos y tres dimensiones, con el método de diferencias finitas con un esquema explícito y con un esquema implícito, en ambos casos para la discretización espacial se usa diferencias finitas centradas de segundo orden. Para el modelado matemático en tres dimensiones, generalmente se requiere una gran cantidad de recursos computacionales. Por tal motivo, es necesario aplicar sistemas de cómputo de alto rendimiento, con computación paralela. Una aplicación específica se simula

al definir el dominio, las condiciones inicial y de frontera. La condición inicial indica la distribución de la temperatura en el dominio y la condición de frontera indica si hay flujo de calor hacia adentro o hacia afuera del dominio. Se realizaron simulaciones en 1D, 2D y 3D con condiciones de frontera de Dirichlet y de Neumann homogéneas en un GPU, para ambos casos explícito e implícito. En el esquema explícito no se genera un sistema de ecuaciones, ya que en el proceso de evolución al calcular una solución solo depende de la solución anterior, por lo tanto se mapea de una manera natural los hilos del GPU con cada nodo de la malla. La simulación se realizó en el GPU mediante funciones kernel. En el esquema implícito se forma un sistema de ecuaciones, el cual no se puede paralelizar de manera directa, por lo que el sistema de ecuaciones se plantea como un problema de optimización y ser esueve en un GPU con el método de gradiente conjugado, aplicando las bibliotecas de funciones CUBLAS y CUSPARSE de CUDA. La metodología y los algoritmos de cómputo de alto rendimiento empleados en este trabajo se pueden aplicar de manera natural para modelar sistemas geofísicos.

MSG-18 CARTEL

ESTUDIO GEODINÁMICO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LAS PLACAS SUBDUCIDAS Y EL MANTO INFERIOR, CON APLICACIÓN PARA LA ZONA DE SUBDUCCIÓN MEXICANA

Moreno Erika Jessenia y Manea Vlad Constantin
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
erikajess_05@hotmail.com

Las transiciones de fase de 410 Km y 660 Km, las distribuciones de viscosidades del manto inferior y la cinemática de las placas oceánicas juegan un papel importante, a la hora de estudiar su interacción con la zona de transición y el manto inferior. Se ha estudiado que valores determinados de la pendiente de Clapeyron, la viscosidad del manto inferior, la velocidad de la placa oceánica y de la trinchera, pueden determinar el hundimiento de la placa en el manto inferior o por el contrario su estancamiento en la zona de transición. Para el caso de México, a pesar de que la placa Cocos es relativamente joven (10-15 Ma en los últimos 20 Ma) se esperaría que su comportamiento boyante evitaría el hundimiento de la placa en el manto inferior, sin embargo las tomografías sísmicas muestran todo lo contrario. En esta investigación se tomó como zona de estudio, el centro de México donde la placa presenta subducción plana y se realizaron diferentes modelaciones numéricas mediante el uso del paquete Citcoms, variando diferentes valores de viscosidad para el manto inferior y pendientes de Clapeyron para la transición de fase de 410 Km y 660 Km, obteniendo un rango de valores para los cuales dicha placa penetra en el manto inferior. A demás los modelos fueron validados mediante la comparación con tomografías sísmicas de la zona.

MSG-19 CARTEL

GESTIÓN AMBIENTAL DEL SISTEMA ACUÍFERO MERCEDES, URUGUAY

Hernández García Guillermo de Jesús¹, Herrera Zamarrón Graciela¹, De los Santos Jorge² y Menta Agustín²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay
ghdez@geofisica.unam.mx

Uruguay, con una superficie continental de 176215 km², en un 65% de su territorio presenta afloramiento de basaltos o rocas ígneas y metamórficas. El 35% del territorio son cuencas sedimentarias, donde es posible la existencia de acuíferos someros, más o menos continuos. Los tres principales acuíferos sedimentarios se distribuyen en el sector oeste del país: El Sistema Acuífero Guaraní subyace a una capa de basaltos de 1000 metros de profundidad en algunos sectores, y tiene afloramientos en el centro-norte del país. El Sistema Acuífero Raigón, se ubica al oeste de Montevideo, al sur del departamento San José, y es el más accesible y utilizado. El denominado Sistema Acuífero Mercedes, SAM, se desarrolla en los sedimentos cretácicos del litoral este del río Uruguay. Se trata de un acuífero con buen grado de consolidación y permeabilidad mixta, variedad litológica, espesores que pueden alcanzar o superar 150m y formaciones de distinta capacidad geohidrológica, que se apoyan sobre el basalto o el cristalino, directamente. El SAM subviene necesidades de abastecimiento a pequeñas poblaciones, a la producción ganadera, a las industrias radicadas en los perímetros de las ciudades principales y, últimamente, al riego de cierta escala. El sistema acuífero transcurre en una superficie de 23000 km², aproximadamente. La mayor productividad y uso del SAM se produce en los departamentos de Río Negro, Soriano y Paysandú. El aumento de la demanda trajo aparejada la necesidad de un mayor conocimiento de la estructura y dinámica del SAM, por lo que se llevó a cabo el estudio "Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Mercedes (SAM)" apoyado por el Fondo Conjunto de Cooperación México-Uruguay (Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional). Como parte de este proyecto se desarrolló un modelo numérico de flujo subterráneo para el acuífero, que es el que se reporta en esta presentación. La modelación del sistema geofísico resuelve computacionalmente el modelo matemático, consistente en la ecuación de balance gobernante para flujo de agua subterránea aplicada al sistema acuífero. Dicha ecuación es la ecuación diferencial parcial para flujo en un medio poroso, parabólica, con condiciones de frontera e iniciales, incluyendo un término con tensor de conductividad hidráulica, otro para almacenamiento y otro de fuentes

y sumideros. Este tipo de aproximación es la que adopta el programa de modelación de flujo tridimensional, MODFLOW (utilizado en este trabajo), del servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS, por sus siglas en inglés); el propio USGS desarrolló una interfaz gráfica denominada MODEL MUSE. En este trabajo se aplicó una de las versiones más recientes para la predicción de la evolución del sistema.

MSG-20 CARTEL

INTERPRETACIÓN DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS A PARTIR DE MODELOS SINTÉTICOS

Álvarez López Gerardo, González Hernández Julio César y García Aguilar Sara
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
gerardoalvarez0230@gmail.com

Los métodos magnéticos se basan en la detección de variaciones del campo magnético local, éstas se deben a la presencia de estructuras superficiales cuyas propiedades magnéticas contrastan con el material encajonante, también conocidas como anomalías. El presente trabajo tiene como objetivo, la representación de datos magnéticos mediante modelos sintéticos que ayuden en la interpretación de las anomalías magnéticas obtenidas en los levantamientos. Utilizando MATLAB hemos desarrollado un algoritmo que permite reproducir numéricamente las mediciones observadas en el terreno y asociar el modelo obtenido con una estructura geológica verdadera. La ecuación a resolver es la de Bhattacharyya, por medio de un esquema numérico en diferencias finitas para un medio 2D. El código generado será empleado como una herramienta libre y de fácil acceso para estudiantes del colegio de ingeniería geofísica de la BUAP, a fin de contar con una herramienta que facilite la interpretación de datos magnéticos. Cabe mencionar que como continuación de este trabajo se contempla generar un módulo para la inversión de datos. Probamos nuestro algoritmo con datos reales, ajustando los resultados en términos de la susceptibilidad magnética, y realizando comparaciones con un software comercial a fin de calibrar nuestros resultados.

MSG-21 CARTEL

ALGORITMO DE MODELADO DIRECTO 2D DE DATOS SÍSMICOS A PARTIR DE LA ECUACIÓN DE ONDA ACÚSTICA

Rosales Andrea, Juárez Morales Karla Rubí y González Hernández Julio César
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
andyrosadomi@hotmail.com

El uso de métodos computacionales aplicados a problemas geofísicos nos dan la pauta a una marcada tendencia de su uso en la interpretación de datos obtenibles con diferentes técnicas de exploración, enfocándose principalmente en la generación sintética de los mismos para aproximarlos a modelos reales. El uso de códigos computacionales ha sido ampliamente utilizado para llevar a cabo una reconstrucción de la geología a profundidad en zonas de interés. En este trabajo hemos desarrollado un esquema de modelado directo de datos sísmicos, partiendo de la propagación de onda acústica en un medio heterogéneo 2D en el dominio del tiempo. Para generar dicha propagación, partimos de la ondícula de Ricker, que irá variando su forma a medida que avance la simulación. El esquema numérico lo desarrollamos en ambiente MATLAB, usando el método de diferencias finitas para discretizar la ecuación de onda acústica y generar la propagación en el tiempo. Consideramos un medio bidimensional heterogéneo, en el cual se varía la velocidad y forma de las estructuras modeladas, con la finalidad de aproximar este modelo a un caso real en prospección sísmica, y demostrar las ventajas que el modelado de este tipo de ondas ofrece con respecto al caso de onda elástica. Se experimentó con distintos escenarios geológicos y se realizó un análisis de la trayectoria de las ondas en cada caso, con el fin de determinar si su comportamiento se debe a un cambio en las propiedades físicas del modelo propuesto, o a la naturaleza de este tipo de ondas. La relevancia de este trabajo radica en que a partir del código desarrollado se pueden generar sismogramas sintéticos, herramienta que es de gran ayuda en la interpretación de la exploración sísmica, principalmente, en la reconstrucción de geologías complejas. Además este código será empleado como una herramienta libre y de fácil acceso para estudiantes del colegio de ingeniería geofísica de la BUAP, con lo que se cubrirían las necesidades existentes respecto a la carencia de software de procesamiento de datos de sísmica de reflexión. Cabe mencionar que como continuación de este trabajo se contempla generar un módulo para la inversión de datos.

MSG-22 CARTEL

MODELO DE TRANSPORTE EN MEDIOS POROSOS A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE TAPONAMIENTO/ DESTAPONAMIENTO POR MICROORGANISMOS

Noyola Rodríguez Mario¹ y Díaz Viera Martín A.²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto Mexicano del Petróleo
estaduardo@hotmail.com

En este trabajo se presenta un modelo de transporte en medios porosos, que fue derivado usando una metodología sistemática para la modelación matemática, numérica y computacional. El cual fue aplicado para la simulación de los procesos de taponamiento/destaponamiento en experimentos de recuperación mejorada de hidrocarburos vía microbiana (MEOR) a condiciones de laboratorio. La recuperación mejorada de hidrocarburos vía microbiana (MEOR) es una técnica de recuperación mejorada en donde se utilizan microorganismos y sus productos para la recuperación adicional de hidrocarburos en un yacimiento. Uno de los procesos fundamentales que afectan la recuperación consiste en el taponamiento/destaponamiento del medio poroso debido a la biomasa de los microorganismos. Desde el punto de vista metodológico, se describe cada etapa del desarrollo del modelo que consisten en los modelos conceptual, matemático, numérico y computacional. Se obtuvo un modelo matemático general de transporte en medios porosos que incluye fenómenos físico-químicos relevantes tales como advección, difusión, dispersión, adsorción-desorción y reacciones aplicando la formulación axiomática de la modelación de medios continuos. El sistema de ecuaciones diferenciales obtenido fue discretizado mediante el método de elemento finito en el espacio y de diferencias finitas hacia atrás en el tiempo, resultando en un esquema numérico completamente implícito. La implementación computacional se realizó en el lenguaje de programación Python 2.7 utilizando el proyecto FEniCS 2016.1 que es un software de código abierto y multiplataforma (Windows/Linux). El modelo de transporte resultante fue numéricamente validado para dos casos de estudio. Uno de inyección de un pulso de un trazador inerte y el otro en un proceso de taponamiento/destaponamiento por microorganismos. Los resultados se comparan con los obtenidos usando el software comercial COMSOL Multiphysics.

MSG-23 CARTEL

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ROCAS Y SU RELACIÓN CON LA GEOMETRÍA FRACTAL, UTILIZANDO RSTUDIO

Rodríguez Arevalo Kenia Esmeralda, Briones-Carrillo Jorge Alberto y Soto Villalobos Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
scientistalk@gmail.com

De las propiedades físicas de las rocas, podemos definir la porosidad como una medida de la capacidad de una roca para almacenar fluidos, se puede clasificar según su origen como primaria y secundaria, o de acuerdo a la comunicación entre sus poros como porosidad total, porosidad efectiva y porosidad no efectiva. La porosidad está ligada a la permeabilidad que se define como la capacidad que tiene una roca para permitir el flujo de un fluido a través de sus poros interconectados. En ese trabajo se analizarán estas propiedades físicas de las rocas, implementando algoritmos de programación en RStudio, desde un punto de vista fractal, debido a que el acomodo de los granos de un sistema rocoso se encuentra estrechamente relacionado con la fractalidad.

MSG-24 CARTEL

MODELADO DIRECTO DEL EFECTO DE POLARIZACIÓN INDUCIDA EN MEDIOS HETEROGÉNEOS EMPLEANDO UNA FUENTE ELECTROMAGNÉTICA AEROTRANSPORTADA

Oliva Gutiérrez Marco Antonio, Gallardo Delgado Luis Alonso y Flores Luna Carlos Francisco
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
olivamarco@cicese.edu.mx

La industria minera en México representa una de las principales fuentes de divisas para el país, el potencial minero de México es basto lo que ha permitido colocarse como líder mundial en la producción de algunos minerales. Esto implica, sin lugar a dudas la necesidad de mantenerse actualizado en materia de ciencia y tecnología para el desarrollo de nuevas metodologías de exploración y producción. En los últimos años, las actividades de exploración para la búsqueda de yacimientos minerales se han incrementado, desde que se implementaron los sistemas electromagnéticos aerotransportados por helicóptero (Helicopter Time Domain Electromagnetic, HTDEM) estas actividades han resurgido con mayor y mejores oportunidades de crecimiento. Sin embargo los esquemas numéricos que permiten modelar estas técnicas, no han tenido la misma suerte pues los recursos computacionales de esa época eran limitados, por lo que en la actualidad son objeto de estudio el diseño de esquemas numéricos robustos para este tipo de sistemas. Por esta razón, sistemas como los HTDEM empleados para exploración de yacimientos y betas minerales son el objetivo central de la presente investigación en

el que resolveremos el problema directo de la inducción electromagnética en medios heterogéneos para modelar el efecto de Polarización Inducida (PI) a partir de un sistema HTDEM cuya fuente emplea bobinas coincidentes (coaxiales – coplanares). Proponemos realizar el modelado completamente en el dominio del tiempo, y en 2.5D, además, agregaremos un término dispersivo a las ecuaciones de Maxwell, a partir de las cuales, propondremos las ecuaciones diferenciales fundamentales que al resolverlas numéricamente utilizando el método de diferencias finitas permitan modelar el efecto de PI a partir de una fuente electromagnética aerotransportada.

MSG-25 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL DE FLUJOS DE AGUA Y ENERGÍA EN UN BOSQUE TROPICAL SECO-SECUNDARIO MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE OBSERVACIONES DE TERRENO, PERCEPCIÓN REMOTA Y UN MODELO NUMÉRICO

Juárez Cansdales Gregorio, Méndez-Barroso Luis Arturo, Robles Morúa Agustín,
Yezpey Enrico A., Sánchez-Mejía Zulía Mayari y Álvarez-Yepiz Juan Carlos
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
goyo_rfl@hotmail.com

El bosque tropical seco (BTS) es uno de los principales ecosistemas tropicales de México y se caracteriza por una prolongada estación seca y una breve e intensa estación húmeda influenciada por el Monzón Norteamericano. Los desmontes del BTS para el establecimiento de pastizales y terrenos agrícolas y el posterior abandono de estas tierras inicia el proceso de sucesión secundaria, desarrollándose bosques secundarios típicamente mono-dominados por una leguminosa. Se sabe que la especie dominante de estos bosques secundarios en el Noroeste de México es *Acacia cochliacantha*, sin embargo, se desconocen los procesos y mecanismos ecohidrológicos de esta especie en particular en el estado secundario de sucesión de BTS. Una limitante para el entendimiento de estos procesos es la falta de observaciones continuas. Una estrategia para lograr un mejor entendimiento de dichos procesos ecohidrológicos es la implementación de herramientas en conjunto como modelos numéricos, observaciones de campo y percepción remota. En este trabajo se realizaron simulaciones numéricas de flujos de energía y agua a escala muy fina (en una pequeña parcela de aproximadamente 20 m²) en un bosque tropical seco secundario localizado dentro de la Cuenca del Río Cuchujaqui, en el sur de Sonora. Para las simulaciones numéricas se utilizó el modelo tRIBS (TIN-based Real-time Integrated Basin Simulator) en conjunto con observaciones meteorológicas. Las variables que el modelo necesita para su forzamiento son: Humedad relativa (RH), velocidad del viento (Us), radiación neta (Rn), temperatura del aire (Ta), precipitación (P) y presión atmosférica (Pa). Los parámetros hidrológicos del suelo más importantes que utiliza el modelo son: Conductividad hidráulica saturada (Ks), humedad de suelo de saturación (#S) y humedad de suelo residual (#R). Todas ellas se derivaron a partir de funciones de pedo-transferencia utilizando datos de textura de suelo in-situ. Los parámetros dinámicos de vegetación más importantes utilizados en el modelo son: Capacidad de campo del dosel (S), Albedo (#), resistencia estomática del dosel (Rs), coeficiente de transmisión óptica (Kt) y fracción de vegetación (Vf). Dichos parámetros de vegetación se obtuvieron a partir del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI), fracción de radiación fotosintéticamente activa (fPAR) e índice de área foliar (LAI) estimados con datos de reflectancia del satélite Sentinel-2. El proceso de calibración del modelo comprendió el periodo de mayo a septiembre de 2016 y se utilizaron observaciones de evapotranspiración (ET) y datos simulados de humedad de suelo (NLDAS) para evaluar su desempeño. El proceso de validación comprende el periodo enero-septiembre de 2017 y se utilizaron observaciones de ET y humedad de suelo medidos con el sensor Hydra-Probe II. Los resultados indican que el modelo numérico es capaz de representar de manera precisa la estacionalidad de los flujos energéticos e hidrológicos del bosque secundario. Por otra parte, el modelo logra capturar el cambio en la magnitud de flujos de agua y energía seguidos de eventos de precipitación precedidos por largos periodos secos. Finalmente, los resultados de este estudio ayudarán a entender el papel ecohidrológico de *A. cochliacantha* en la transición sucesional del BTS.

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores:

Christian M. Appendini

Héctor García Nava

Bernardo Esquivel Trava

Amaia Ruiz de Alegria Arzaburu

OCC-1

MODULACIÓN DE ONDAS DE INFRAGRAVEDAD DEBIDO A VARIACIONES EN LA COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL DEL FONDO Y EN LA GEOMETRÍA DEL SISTEMA ARRECIFAL DE PUERTO MORELOS

Pintado Patiño José Carlos y Mariño Tapia Ismael
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN Unidad Mérida
catamaran18@gmail.com

El estudio de la hidrodinámica en sistemas arrecifales ha adquirido gran importancia debido al crítico deterioro de su complejidad estructural, observado en la última década de manera global. El consenso general indica que la capacidad de resiliencia de estos ecosistemas se verá superada bajo un ritmo sostenido o en aumento del estrés actual. Por lo tanto, conocer la dinámica de estos sistemas de manera detallada es crucial para la predicción de posibles efectos bajo escenarios futuros. Si bien, una barrera arrecifal actúa como un disipador natural muy efectivo de la energía del oleaje de onda corta (OC; periodos de ola $T < 25$ s), las ondas de infragravedad (OI; con periodos de ola de 25 # T #300 s) vinculadas a los grupos de OC pueden ser liberadas en el arrecife y propagarse libremente hacia la costa. Esto último puede conllevar a fenómenos de resonancia, amplificando los niveles de energía dentro del sistema y, en consecuencia, modificando parcial o temporalmente los patrones de circulación y/o morfología local. De manera teórica, la frecuencia natural de resonancia está en función de los rasgos geométricos (i.e., distancia de la cresta arrecifal hasta la playa y profundidad de la laguna arrecifal) y niveles de agua (e.g., setup, marea astronómica y de tormenta) del sistema. Sin embargo en la gran mayoría de estudios relacionados, las irregularidades geométricas del sistema son pobremente representadas o bien el análisis se realiza en un esquema unidimensional. Además, la rugosidad asociada a la complejidad estructural del fondo generalmente se refiere a un valor promedio. Este estudio se basa en datos de oleaje medidos a lo largo de un transecto perpendicular a la playa en el sistema arrecifal de Puerto Morelos, así como de gradientes de rugosidad obtenidos a partir de mediciones acústicas del fondo. Los datos demuestran la dominancia de la infragravedad en el flujo de energía dentro de la laguna arrecifal y su progresivo aumento relativo hacia la costa. Subsecuentemente, los datos sirven para la validación de un modelo numérico 2DH capaz de resolver las transferencias no lineales del oleaje (XBEACH), propagación de OI e interacción oleaje-corriente. El modelo numérico es utilizado para diagnosticar el rol de la OI en la dinámica local y fenómenos de resonancia, considerando las variaciones naturales de la geometría y de la complejidad topo-batimétrica presentes en el sistema. Este trabajo fue financiado por el proyecto CONACYT Ciencia Básica "Interacciones entre procesos físicos en lagunas arrecifales con aportes submarinos de acuíferos", con clave 0000242038.

OCC-2

INFLUENCIA DEL RÍO EN LA HIDRODINÁMICA MAREAL EN UN SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR TROPICAL

Tenorio Fernández Leonardo¹, Zavala-Hidalgo Jorge¹ y Olvera Prado Erik²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Center for Ocean-Prediction Studies, Florida State University
leonardo.tenorio@gmail.com

En los cuerpos de agua costeros como los estuarios y las lagunas, la circulación inducida por marea puede llegar a dominar la hidrodinámica, así como el intercambio con el océano adyacente. El sistema estuarino-lagunar del Papaloapan-Alvarado es un sistema combinado, que cuenta con un ambiente estuarino hacia el lado este, producto de las desembocaduras de los Ríos Limón y Papaloapan, y con una serie de lagunas costeras hacia el oeste (laguna de Alvarado). Este sistema está situado en la costa del Golfo de México, en conjunto tiene una extensión de 46 500 km², se comunica con el mar a través de una boca, en la que el rango de marea es de aproximadamente 80 cm. Por medio de observaciones y de un modelo analítico lineal, se describe la hidrodinámica mareal y su interacción con los ríos en un sistema estuarino-lagunar tropical ramificado. La señal de la marea en el lado lagunar se atenúa desde la boca hacia la cabeza hasta en un 30% y su hidrodinámica es descrita por el balance entre el gradiente de presión y las fuerzas de fricción originadas por el fondo y por la geometría de la cuenca. Del lado este, la propagación de la marea responde al mismo balance, sin embargo, en las fuerzas de fricción se considera la descarga del río como una fuerza opositora a la propagación de la marea, este forzamiento se incluye en las variaciones estacionales del parámetro de fricción (#), contemplado en la solución analítica. Los valores más altos del parámetro de fricción corresponden a la época de mayor descarga de los ríos Limón y Papaloapan (meses de mayo a octubre), y por lo tanto, a las atenuaciones más grandes de las componentes principales de la marea.

OCC-3

ESTUDIOS HIDRODINÁMICOS DE UN ESTUARIO ALTAMENTE ESTRATIFICADO EN UN SISTEMA CONTINENTAL KÁRSTICO: XEL-HÁ, QUINTANA ROO

Enríquez Ortiz Cecilia y Robles Camacho Javier
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cenriqz@ciencias.unam.mx

El Parque acuático Xel-Há es un sistema lagunar costero cuya localización y configuración natural provee las características hidrodinámicas que permiten la presencia de una excepcional abundancia biológica, razón por la cual desde los 90's opera como un parque acuático turístico de gran importancia. Situado al sur de la Riviera Maya, el sistema recibe importantes flujos de agua continental en forma de descargas de agua subterránea (DAS). En esta contribución se presenta por primera vez la caracterización de la hidrodinámica del sitio a partir de resultados de mediciones y de modelación numérica. Las características termohalinas en relación a las mareas se obtuvieron a partir de mediciones in situ y con un modelo hidrodinámico se realizaron estudios para determinar la influencia de los distintos forzamientos en la circulación y características del sistema. Los resultados muestran que Xel-Há es un estuario altamente estratificado cuya circulación está principalmente dominada por los gradientes de densidad y el intenso aporte de agua continental, modulada por mareas. Los vientos tienen una menor influencia en la circulación debido a las dimensiones del sistema. A pesar de su uso, la dinámica del sistema es alta y los tiempos de residencia son pequeños, lo que ha permitido preservar su salud.

OCC-4

INTERCAMBIO DE AGUA ENTRE LA LAGUNA DE NICHUPTÉ Y EL MAR CIRCUNDANTE: IMPLICACIONES PARA LA EXPORTACIÓN DE CONTAMINANTES

Mariño Tapia Ismael¹, Enríquez Cecilia², Valle Levinson Arnoldo³, Schettinni Augusto⁴, Williams Megan⁵ y Souza Gómez Alejandro³

¹CINVESTAV Mérida

²Facultad de Ciencias, UNAM Sisal

³Universidad de Florida

⁴Universidad de Pernambuco

⁵National Oceanography Centre, Liverpool, UK
imarino@mda.cinvestav.mx

Es bien conocido que el sistema lagunar Nichupté-Bojorquez alberga cuerpos de agua con niveles alarmantes de contaminación. Esta laguna costera, localizada en la vecindad de Cacun, Quintana Roo ha sido objeto de un uso turístico intensivo, el cual tuvo poco cuidado, especialmente en sus orígenes, de controlar los efluentes contaminantes a la laguna costera. Las bocas de tormenta que ayudaban a desahogar el agua estancada han sido bloqueadas por la construcción de edificios y caminos, dificultando aún más el intercambio entre el mar y la laguna. Aunado a esto, la presencia de numerosos ojos de agua pudiera exacerbar el problema de contaminación, pues éstos acarrear agua continental de sitios lejanos, incluida la ciudad de Cancún. El resultado ha sido una degradación ambiental extrema, especialmente en la laguna Bojorquez. Una característica hidrodinámica clara de este sistema lagunar es su restringida comunicación con el mar, lo cual provocaría a su vez un moderado intercambio de agua contaminada entre la laguna y el mar, en beneficio del mar costero. Mediciones realizadas durante un ciclo de 24 hrs en mareas vivas, época de lluvias, y condiciones típicas de viento (SE) muestra que en la boca norte del sistema las velocidades de salida llegan a valores cercanos a 1 m/s y la salinidad tiene una clara influencia continental (29 g/kg) durante al menos 8 horas, demostrando que a través de ésta el sistema exporta agua hacia el mar. Por otro lado, la boca sur presenta velocidades de salida muy disminuidas (~0.1 m/s), la salinidad se diluye muy poco, a valores de 34.7 g/kg durante solamente la última hora del ciclo de marea. En esta boca sur las velocidades de entrada a la laguna llegan a 1 m/s, y la salinidad asociada es alta, típicamente > 36 g/kg. Adicionalmente se miden ondas con un período de 10 minutos que penetran a la laguna Nichupté desde el sur, presumiblemente con origen en la laguna arrecifal (ondas infragravitatorias). Todo este comportamiento sugiere que la laguna de Nichupté tiene una descarga preferencial hacia el Norte, con la boca de Nizuc (sur) manteniendo un flujo neto hacia la laguna. Esta característica podría explicar la presencia de manchones de coral en una muy buena condición (i.e. Limones) cerca de la boca de Nizuc, pues los efluentes de la laguna difícilmente llegarían a estos arrecifes.

OCC-5

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DE ARRIBO Y DISPERSIÓN MASIVA DE SARGASSUM SPP. EN LA LAGUNA ARRECIFAL DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO

Berriel Bueno Diana¹, Mariño Tapia Ismael¹, Ojeda Casillas Elena²,
Enríquez Ortiz Cecilia³, Mendoza E. Tonatiuh² y García Barrera A. David²

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN Unidad Mérida

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

diana.berriel@cinvestav.mx

Durante 2015 se registró la afluencia masiva de sargazo a las costas del Caribe Mexicano con 9700 m³ recolectados mensualmente por kilómetro de costa, quedando >90% de las playas sin ser limpiadas. La laguna arrecifal de Puerto Morelos, fue una de las áreas más afectadas con más de 6600 m³/km de sargazo arribando mensualmente a la costa, resultando en grandes pilas de materia orgánica en descomposición y en la eutrofización de la zona. Asimismo, las acciones tomadas para la remoción de sargazo (i.e. uso de maquinaria pesada) ocasionaron la compactación y erosión de la playa y la destrucción de nidos de tortugas. A pesar de la magnitud del arribo de sargazo, se sabe poco sobre las causas de su origen, la periodicidad con la que ocurre, así como las condiciones que gobiernan su circulación dentro de la laguna arrecifal. Para caracterizar la dinámica del sargazo, se empleó el modelo acoplado Delft3D-SWAN empleado el oleaje y el viento como parámetros de forzamiento. Se hicieron escenarios de simulación de 5 días utilizando los datos de oleaje y viento de los periodos de máxima y mínima cobertura de sargazo de mediados de septiembre a finales de diciembre de 2015. La trayectoria de sargazo dentro de la laguna fue simulada utilizando 10 trazadores que fueron soltados tras 12 horas de simulación (después de que el modelo alcanza estabilidad) y recuperados al finalizar la simulación. La cobertura de sargazo fue estimada a partir de una serie temporal de imágenes promedio obtenidas con una estación de video monitoreo costero fija ubicada en la unidad académica del ICMYL, UNAM, en Puerto Morelos. Para obtener las áreas de cobertura de sargazo, se empleó una rutina pre-escrita en MATLAB que se basa en la segmentación de los objetos dentro de la imagen a partir de la selección de umbrales óptimos de acuerdo a la máxima varianza entre clases de píxeles. De esta segmentación se obtienen polígonos de la zona cubierta por sargazo que posteriormente son ortorectificados para obtener imágenes en coordenadas del mundo real y entonces poder estimar las áreas de cobertura de sargazo. Se registraron dos periodos pico de sargazo, uno en septiembre y otro en noviembre. La máxima cobertura de sargazo se alcanzó en septiembre con más de 8 000 m². En condiciones de bajo oleaje y viento se observa una circulación lenta con velocidad máxima cercana a 0.06 m/s, resultando en el incremento del tiempo de residencia de sargazo en la playa. Por el contrario, bajo condiciones de oleaje y viento fuerte se observan flujos superiores a 0.7 m/s, favoreciendo el recambio lagunar. Por lo anterior se puede concluir que la permanencia de sargazo en la playa se rige por condiciones de oleaje bajo, ráfagas de viento esporádicas y rangos de marea altos, mientras que su dispersión se ve favorecida por condiciones de swell intenso que genera una zona de swash amplia, favoreciendo la reincorporación del sargazo a la laguna y su exportación por efectos de la circulación.

OCC-6

EXPERIMENTOS NUMÉRICOS DE DISPERSIÓN DE DESCARGAS SUBMARINAS DEL ACUÍFERO EN LA LAGUNA ARRECIFAL DE PUERTO MORELOS, Q. ROO

Rosado Torres Arlett¹, Mariño Tapia Ismael¹, Acevedo Ramírez César¹,
Enríquez Cecilia², Berriel Bueno Diana¹ y Hernández Terrones Laura³

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, UNAM

³Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán, CICY
arlett.rosado@cinvestav.mx

La laguna arrecifal de Puerto Morelos está sometida tanto a un uso intensivo de sus recursos naturales como a la contaminación de sus aguas, esto como consecuencia del crecimiento económico, poblacional y de infraestructura urbana que ha venido sufriendo la Riviera Maya en los últimos años. En particular, la situación es alarmante para los arrecifes de coral del Caribe, quienes se han deteriorado al punto de encontrarse una reducción en su abundancia, baja diversidad y pérdida de la complejidad estructural arrecifal (Hughes et al. 2003), condiciones que han dado lugar a una sucesión (cambio de fase) y desbalance ecológicos que ocurre cuando la cobertura coralina se ve mermada por la dominancia de macroalgas. Uno de los principales estresores que parecen estar favoreciendo este escenario son las Descargas Submarinas del Acuífero (DSA), importantes vías de entrada de nutrientes y otros contaminantes al sistema. Mediciones de cobertura bentónica (con videotranssectos), rugosidad arrecifal (estimaciones acústicas), condiciones termohalinas (CTD) y mediciones de nutrientes en la laguna arrecifal, sugieren un vínculo entre las DSA, la abundancia de macroalgas y la disminución en complejidad estructural. Para establecer un vínculo causal mas fuerte entre este cambio de fase y las DSA, se utiliza el modelo hidrodinámico DELFT 3D (módulos FLOW y WAVE), realizando escenarios de dispersión de las DSA bajo distintas condiciones ambientales y de magnitud de descarga. El modelo es validado con mediciones de

instrumentos oceanográficos instalados en la laguna y arrecife frontal. Se espera que la huella acumulativa de los patrones de dispersión explique la presencia de cambio de fase en la cresta arrecifal, lo cual estará gobernado por las condiciones ambientales y la circulación.

OCC-7

CARACTERIZACIÓN TERMOHALINA DE LA REGIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE URABÁ, A PARTIR DE LA DESCARGA DEL RIO ATRATO

Velasquez Alfredo¹, Guevara Juan Carlos¹, Toro Vladimir G.¹ y Durazo Reginaldo²

¹Universidad de Antioquia, Sede de Ciencias del Mar

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC
alfredo.velasquez@udea.edu.co

Las características termohalinas en un estuario están moduladas principalmente por la descarga de los ríos, por el nivel de marea y por la estratificación de sus aguas. Estas condiciones permiten que un estuario se comporte o no como completa o parcialmente mezclado. De manera particular la descarga de ríos sobre el océano puede controlar variables como la salinidad, temperatura y densidad, y por ende, su estratificación. En latitudes tropicales, los niveles de radiación son aproximadamente constantes a lo largo del año, y por tanto, el control de la densidad ocurre primordialmente por las descargas de agua dulce. En este trabajo se caracterizan las condiciones termohalinas en la región central del Golfo de Urabá, Colombia (~40 x 80 km), cuya fuente principal de descargas es el río Atrato. Se realizaron dos campañas de medición utilizando lances de CTD y un medidor superficial de parámetros físicos. En la primera campaña se realizaron mediciones repetidas durante 12 horas en una sección transversal al golfo. La segunda campaña se realizó en transectos alrededor de para cubrir la mayor parte de los brazos de descarga del delta del río Atrato. El análisis de los datos mostró que la descarga del río Atrato controla los niveles de salinidad y por ende de densidad, con perfiles con un alto gradiente de salinidad, de 5 a 32 gr/kg, con una haloclina permanente ubicada entre los 4 y 7 m de profundidad. Los resultados además sugieren que a pesar de que la distribución horizontal de temperatura es relativamente constante (29 °C), existe una capa de agua relativamente cálida atrapada en superficie debido al fuerte gradiente vertical de salinidad alrededor de la haloclina.

OCC-8

SOBRE LA HIDRODINÁMICA Y ASPECTOS HIDROLÓGICOS DE LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA

Gaviño Rodríguez Juan Heberto¹, Reyes Herrera Ezequiel
Alejandro², Obeso-Nieblas Maclovio² y Carbajal Pérez José Noel³

¹Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima

²CICIMAR, La Paz, BCS, IPN

³IPICYT

jgavinho@gmail.com

La Laguna de Cuyutlán es el cuerpo costero más extenso del estado de Colima, somero con profundidad media de 1m, 37km de longitud, 1.5 km promedio de ancho, de gran importancia debido a que se encuentra en la parte oriental vecina inmediata al puerto de Manzanillo, que es uno de los más relevantes desde el punto de vista comercial, turístico y de servicios del pacífico mexicano, también a algunas actividades económicas que ahí se realizan como pesca, extracción salina y recreación, a que es un ecosistema hábitat de varias especies animales y vegetales con status de protección y a que la Central Termoeléctrica de Manzanillo, una de las más importantes del país, la utiliza para encauzar por el canal de Ventanas agua marina para enfriamiento de sus condensadores. Debido al desarrollo industrial, económico y turístico de la región ha sufrido modificaciones morfológicas de carácter antropogénico relevantes a través del tiempo, como el canal de Ventanas que comunica al vaso I, y recientemente con la construcción de la Terminal regasificadora de gas licuado, la ampliación de [70m ancho, 3m profundidad] a [450m-a y 15m-p] del canal de Tepalcates que comunica al vaso II, para el paso de los buques metaneros al muelle de atraque en el interior lagunar. Del procesamiento de algunas observaciones, se infiere que la hidrodinámica está determinada principalmente por la onda de marea que penetra a su interior por las comunicaciones marinas y además por la succión de agua de la termoeléctrica de Manzanillo, así los niveles de agua son explicados casi en su totalidad por la marea, mostrando la componente quincenal y mensual en ocasiones contribuciones relevantes, las componentes M2,S2,K1,O1 presentan amplitudes muy parecidas. En el caso de las velocidades que en general se alinean con el eje lagunar, la componente más intensa es la K1, siguiendo M2, S2, O1 con amplitudes similares. Los registros de temperatura muestran alta correlación con la reconstrucción armónica (>0.9) que indican que esta variable está influenciada por la mezcla de agua del entorno marino vecino de acuerdo a los periodos de marea presentes y de calentamiento solar. Las modelaciones muestran como en el pasado la marea externa se amortiguaba fuertemente y desfasaba considerablemente al entrar a la laguna especialmente después de cada estrechamiento, en la actualidad esto solo ocurre en cierta medida en el vaso III, también se encuentra que los patrones de velocidad en general solo cambian de dirección entre el flujo y reflujo alineándose con el eje lagunar y que solo en los angostamientos se alcanzan velocidades considerables (>60cm/s), lo que concuerda con observaciones. También se muestra con un conjunto de mediciones realizadas entre 2009-2017 como ha sido el comportamiento hidrológico espacial y

temporal en el vaso III de la laguna y que las señales anual, semestral, cuatrimestral y trimestral explican el 80% de la variación temporal y las 4 primeras componentes principales explican el 85% de la variabilidad espacial.

OCC-9

ONDAS DE ACRECIÓN DE PROPAGACIÓN HACIA LA COSTA (SPAWS) EN SISAL, YUCATÁN

Van Kuik Niels¹, Ojeda Casillas Elena², Mendoza E.
Tonatiuh¹, Medellín Mayoral Gabriela¹ y Gracia Barrera David¹
¹Instituto de Ingeniería, UNAM
²Cátedras CONACYT, Instituto de Ingeniería, UNAM
nvankuiko@iingen.unam.mx

En la zona cercana a la costa existen una serie de agentes forzantes como el oleaje, mareas y Corrientes, así como los mecanismos de realimentación morfológicos que causan una batimetría compleja. Las imágenes de exposición en el tiempo nos sirven para mostrar este tipo de cambios en la batimetría tanto a pequeño como a largo plazo, observando la rotura del oleaje sobre las barras submareales. Wijnberg y Holman (2007), detectaron unas Ondas de acreción de propagación hacia la costa (Shoreward Propagating Accretionary Waves; SPAW por sus siglas en inglés). Las cuales son un rasgo morfológico temporal con forma de barra, que se desacoplan de las barras submareales y migran a través del valle (canal) durante condiciones de oleaje con alto contenido energético y llegan a acoplarse con las barras mas internas o la cara de la playa. Estas ondas pueden llegar a desaparecer en el valle en condiciones de oleaje de alta energía y un con un alto ángulo de incidencia (Price et al. 2017). En este trabajo se presenta un seguimiento de 4.5 años con imágenes de un sistema de multibarras submareales en la playa de Sisal, Yucatán. Los eventos de SPAWS, se identificaron de manera visual en una longitud de 1 km de playa y solo ocurrieron de enero a mayo. Se detectaron 22 eventos de SPAWS, de los cuales 19 migraron desde la barra interna y 3 de la barra externa. 17 de estos SPAWS lograron cruzar el valle y se fusionaron ya sea a la playa o la barra mas interna. De manera general las SPAWS presentaron una longitud promedio de 106 ± 38 m. Mientras que las SPAWS de la barra interna son de menor longitud ($97 \text{ m} \pm 33 \text{ m}$) comparadas con las ondas de la barra media ($160 \text{ m} \pm 30 \text{ m}$). Se hizo un seguimiento durante 4 días consecutivos de un SPAW que sucedió en marzo y abril de 2017 con un volumen de 243 m³ y valores promedio de longitud, ancho y altura de la cresta de 113, 22 y 0.18 m respectivamente. Adicionalmente se comprobó que la geometría de la onda es similar a la barra de la cual surgió. La barra "madre" presentó el doble de ancho y altura antes del evento, lo cual soporta la hipótesis que una barra puede dividirse y derivar en un elemento morfológico con forma de barra. Adicionalmente, se hicieron cuatro perfiles topográficos desde la playa hasta la parte final de la barra submareal interna, localizada en la parte media del SPAW (una antes, dos durante y uno después del evento) la cual se deshizo en el valle. El evento mostró un crecimiento de la cara de la playa de 5 m³/m y una ganancia general de sedimento de 3 m³/m. Esto enfatiza el efecto de protección y de aporte de las ondas con la posibilidad de usar estas ondas para una alimentación de la playa mas efectiva

OCC-10

MIGRACION ESTACIONAL DE UNA BARRA SUBMAREAL EN PLAYA HERMOSA, B.C.

Vidal Ruiz Jesús Adrián y Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
ocean.vidal@gmail.com

Las barras submareales son rasgos subacuáticos característicos de playas arenosas dominadas principalmente por el oleaje. Dado que suponen un reservorio importante de sedimento, es importante entender su dinámica y determinar los procesos físicos asociados a su migración. Además, estas estructuras naturales son capaces de disipar hasta el 80% de la energía del oleaje incidente. La mayoría de los estudios referentes a la morfodinámica de barras se realizan con mediciones obtenidas de forma indirecta, usando sensores remotos, o a través de resultados de modelación numérica. Esta investigación tiene como objetivo determinar la variabilidad morfológica transversal de la barra submareal en respuesta al oleaje incidente a través de mediciones in-situ. Para ello, se cuenta con mediciones morfológicas (topográficas y batimétricas) mensuales desde agosto 2014 a febrero 2017 a lo largo de 3 km de playa. Además, se tienen mediciones puntuales de oleaje (altura de onda significativa, período pico y dirección del oleaje) obtenidos a través de un perfilador acústico Doppler instalado a una profundidad de 20 m. Las mediciones hidrodinámicas y morfológicas concurrentes permiten relacionar el movimiento de la barra hacia la costa y fuera de la costa. Este trabajo demuestra que típicamente la barra submareal se forma cerca de la costa en octubre, se desplaza hacia mar adentro durante el invierno (noviembre a febrero) e inicia su movimiento hacia la costa a partir de marzo para integrarse completamente a la playa intermareal en mayo. Por tanto, se espera que la playa no presente barra durante el verano. Sin embargo, debido a las condiciones de oleaje energético durante el invierno de El Niño 2015-2016, la barra migró más lejos de lo observado en el invierno anterior, y no logró integrarse completamente a la playa intermareal. Por tanto, la playa siguió presentando una barra desde junio de 2016 hasta febrero de 2017. Este trabajo contribuye a la investigación actual sobre la evolución morfológica de playas constituidas por una barra submareal.

OCC-11

EFFECTO DE EL NIÑO 2015-2016 EN LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE LA PLAYA DE ENSENADA, B.C.

Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia y Vidal Ruiz Jesús Adrián
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
amaia@uabc.edu.mx

Comprender la capacidad de recuperación de las playas después del impacto de tormentas es un tema relevante desde el punto de vista de la gestión costera. Actualmente no se comprenden completamente los procesos que favorecen que las playas se recuperen después de la ocurrencia de eventos extremos de diferentes características hidrodinámicas. La mayoría de los estudios relacionados con la capacidad de recuperación de las playas se enfocan en evaluar los cambios morfológicos de la playa subaérea, mientras que pocas investigaciones determinan los cambios de la sección de playa sumergida. Las playas arenosas suelen presentar barras submareales, y su movimiento transversal y longitudinal determina el intercambio de arena entre la playa subaérea y submareal. Este estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad de recuperación de la playa de Ensenada, Baja California, después del invierno de El Niño 2015-2016. Para ello, se cuenta con mediciones morfológicas (topografías y batimetrías) mensuales desde Agosto 2014 a Agosto 2017 tomadas a lo largo de 3 km de playa. Además, se cuenta con mediciones de oleaje horarias colectadas con un ADCP instalado a 20 m de profundidad frente a la sección de playa de estudio. Este trabajo demuestra que la recuperación de la playa es un proceso longitudinalmente no uniforme que ocurre en menos de cuatro meses después de los inviernos típicos, y debido a la migración de la barra hacia la cara de la playa y su final acoplamiento a ella. Después del invierno de El Niño 2015-2016, sin embargo, la barra submareal persiste y la playa subaérea no se recupera por completo. Este trabajo demuestra la importancia de medir de forma concurrente y frecuente parámetros hidrodinámicos y morfológicos para poder comprender procesos relevantes como es la capacidad de recuperación de las playas.

OCC-12

MONITOREO DE LA MORFOLOGÍA DE PLAYAS EN PRESENCIA DE ESTRUCTURAS COSTERAS

Mendoza E. Tonatiuh¹, Ojeda Casillas Elena², Medellín Mayoral Gabriela¹, Torres Alec¹ y López José¹
¹Instituto de Ingeniería, UNAM
²Cátedras CONACYT, Instituto de Ingeniería, UNAM
emendoza@iingen.unam.mx

El entendimiento de la morfodinámica de playas en presencia de estructuras costeras es uno de los elementos principales en la ingeniería costera. El avance en el desarrollo de modelos numéricos ha permitido modelar los cambios en la costa y predecir los impactos de estructuras costeras en la línea de costa. Sin embargo, para la cuantificación de dichos cambios es imprescindible el uso de mediciones, por medio de fotogrametría a partir de imágenes obtenidas por drones, que permitan la calibración y validación de los modelos numéricos. En este estudio se presentan resultados del monitoreo de los cambios de la playa sub-aérea asociados a presencia de rompeolas paralelos a la costa, en una serie de locaciones en la costa norte de Yucatán, utilizando fotogrametría con dron y levantamientos topográficos. Las imágenes obtenidas fueron procesadas para obtener modelos digitales de terreno. Estos resultados fueron validados con mediciones realizadas de manera simultánea en los sitios de estudio utilizando un sistema de GPS diferencial. Esto permite hacer una comparación entre las dos metodologías para la estimación del volumen de arena en la playa sub-aérea, la identificación de la línea de costa, y el tiempo de ejecución de los levantamientos. Los resultados son utilizados para estudiar la evolución de la línea de costa. El análisis de los resultados muestra un incremento en el ancho de playa asociados a procesos de difracción y permite cuantificar los efectos en playas aledañas. Finalmente, las variaciones de la línea de costa son comparadas con los agentes forzantes principales para identificar los procesos relevantes en los cambios observados durante el período de estudio.

OCC-13

EROSIÓN EN LAS PLANICIES LODOSAS DEL DELTA DEL RÍO COLORADO

Hinojosa Alejandro¹ y Nelson Steven M.²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Independent Scientist
alhinc@cicese.mx

En la margen occidental de la cabeza del golfo de California, las planicies lodosas del delta del Río Colorado están siendo erosionadas generando estructuras caprichosas y que están avanzando rápidamente. Este fenómeno se debe primordialmente a tres procesos concurrentes: nulo aporte de sedimentos al delta y compactación de los existentes, hundimiento generalizado en la zona debido a procesos de extensión en esta frontera de placas tectónicas y finalmente a la persistente acción de las mareas, que por su gran amplitud erosiona las planicies lodosas con la incursión de las mismas. Este proceso avanza progresivamente, presentaremos las

evidencias de este rápido avance erosivo apoyados con fotos aéreas del INEGI de 1973, imágenes de satélite Keyhole KH-9, seguido de imágenes Landsat, hasta las recientes imágenes de la constelación de Planet.com y Sentinel-2.

OCC-14

COMPARACIÓN MORFODINÁMICA DE PLAYAS DE ARENA, CANTO RODADO Y MIXTAS EN BAHÍA TODOS SANTOS, B.C.

Martínez Martínez Mayra Dolores¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia², García Nava Héctor², Guardado France Rigoberto¹ y Ledesma-Vázquez Jorge¹
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
 mayra.martínez@uabc.edu.mx

La mayoría de los estudios de morfodinámica se centran en playas arenosas, dejando de lado las playas conformadas por grava, roca o por sedimentos mixtos. A pesar de los avances logrados en la última década por entender la morfodinámica de las playas mixtas, todavía existe la necesidad de comprender los cambios morfológicos que sustentan las playas rocosas. La falta de estudios en playas rocosas puede deberse a la idea general de que estas costas presentan baja vulnerabilidad ante eventos extremos, aunado a los problemas logísticos asociados con la colección de datos en estos ambientes. Sin embargo, estudios recientes demuestran que las playas de grava y roca pueden ser muy dinámicas. Este trabajo tiene como objetivo realizar una comparación de los cambios morfológicos que ocurren en playas rocosas, arenosas y mixtas bajo la acción de la misma energía de oleaje de aguas profundas. Para esto, se cuenta con datos horarios de oleaje y mediciones morfológicas mensuales desde agosto 2015 a agosto 2016 en tres playas ubicadas en Bahía Todos Santos, Baja California: Playa Hermosa (arenosa); Granada Cove (grava), y Stacks (mixta). A través del análisis de estos datos se evalúa la variabilidad transversal y longitudinal de las playas a escala estacional con relación al oleaje incidente. Esta investigación contribuye a comprender la morfodinámica estacional de playas conformadas por diferente tipo de sedimento.

OCC-15

EROSIÓN COSTERA DEL HÁBITAT DE ANIDACIÓN DE LA TORTUGA LEPIDOCHELYS OLIVACEA DURANTE LA TEMPORADA DE CICLONES TROPICALES EN TODOS SANTOS, BCS

Sánchez-Flores Itzel Eugenia, Nava Sánchez Enrique Hiparco y Gómez-Muñoz Víctor Manuel
 Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
 kennylow@gmail.com

El éxito reproductivo de las tortugas marinas está influenciado por la estabilidad de las zonas costeras ya que ahí se encuentra su hábitat de anidación (HA). En la temporada de ciclones tropicales (CT) el HA sufre cambios más significativos debido a la frecuencia e intensidad de las tormentas. Pocos son los estudios que se enfocan, a lo largo de una línea del tiempo, al estudio de la estabilidad del HA durante la temporada de CT. Es por ello que el presente trabajo examinó los cambios del HA de la tortuga *Lepidochelys olivacea* por efectos de erosión costera durante la temporadas de CT 2013 y 2014 en Todos Santos, BCS. La reconstrucción del HA a base de perfiles topográficos permitió zonificar la playa de anidación en zona norte, zona sur y parte central. También se identificaron procesos de acreción, erosión y detección de estructuras como escarpes de playa. La zona norte es menos susceptible a la formación de escarpes provocados por oleaje de tormenta, mientras que la zona central y sur se caracterizan por presentar bermas bien desarrolladas y frentes de playa con pendientes de empinadas a muy empinadas. Tras el paso del huracán Odile (2014), con los vientos más fuertes del registro histórico, se detectó un inusual proceso de deflación sobre la bermas.

OCC-16

CARACTERIZACIÓN E IMPACTO ANTROPOGÉNICO DEL SISTEMA PLAYA-DUNA EN LAS BAHÍAS SAN LUCAS Y SAN JOSÉ DEL CABO, BCS

Gómez-Sena Isaivis, Murillo-Jiménez Janette M. y Nava Sánchez Enrique Hiparco
 Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN-CICIMAR
 isaivissena@gmail.com

La acción de urbanización que se ejecuta sobre las dunas y la trasplaya como parte del desarrollo urbano y turístico en las bahías San Lucas y San José del Cabo, Baja California Sur, es un factor de afectación de los procesos naturales que le dan estabilidad al sistema playa-duna. El desarrollo turístico-urbano relativamente reciente (últimos 30 años) de la parte sur de la península, ha ido modificando la línea de costa paulatinamente. Por lo que se plantea determinar el impacto del desarrollo urbano y turístico en la estabilidad del sistema playa-duna, así como caracterizar la evolución del cambio de uso de suelo y demostrar que la acción antropogénica combinada con la ocurrencia de fenómenos naturales como los huracanes y el oleaje, ha provocado la modificación de la línea de costa en diferentes grados en las dos bahías. Para ello se trabaja en el análisis e interpretación

de imágenes satelitales, ortofotos y fotografías aéreas de los últimos 30 años, para observar la evolución espacio-temporal del sistema playa-duna con o sin afectación antropogénica, obteniendo salidas cartográficas a través de los Sistemas de Información Geográficos QGIS. Para caracterizar el sistema playa-duna se realizará el levantamiento de la morfología mediante perfiles de playa, se analizará la textura del sedimento a través del método de tamizado y difracción láser, y se obtendrá la edad de la duna frontal por el método de termoluminiscencia. Además, se pretende obtener la zonificación y los grados en que el sistema playa-duna ha sido impactado por la acción antropogénica.

OCC-17

MORFODINÁMICA EN DESEMBOLCADURAS DE LAGUNAS COSTERAS, GEOMETRÍAS IDEALIZADAS

Paladío Hernández Alejandro, Afonso de Almeida Paulo Salles y López González José
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 apaladioh@ingen.unam.mx

El objetivo principal de la investigación es contribuir al entendimiento de cuáles son los procesos relevantes en la estabilidad y morfodinámica de bocas de lagunas costeras, con énfasis en las barras y deltas de reflujo. Para lograr lo anterior, se han diseñado una serie de simulaciones numéricas hidro-morfodinámicas en 2DH (usando Delft3D) de lagunas idealizadas, variando la geometría (forma, ancho de boca, presencia de bajos, área de la laguna, longitud del canal, profundidad) y/o los forzamientos (oleaje, marea, viento y nivel del mar), y se presentarán resultados preliminares de la evolución morfodinámica en función de dichas variaciones. Investigaciones recientes (e.g., Ridderinkhof, 2016) presentaron estudios donde analizan los agentes forzantes (marea y oleaje), que causan el movimiento y crecimiento de los bajos de arena en lagunas que cuentan con deltas de reflujo de marea, simulando condiciones normales y extremas para el clima marítimo de Holanda, y que utilizan este tipo de lagunas idealizadas. Dichos estudios previos sirvieron como base para implementar el modelo y reproducir los resultados existentes, para luego realizar simulaciones usando geometrías y forzamientos similares a las encontradas en la costa de Yucatán. Simulaciones preliminares estudian el efecto de variar la dirección y altura del oleaje, la amplitud de la marea (M2), así como la presencia/ausencia de una barra (spit) enfrente de la boca de dicha laguna. Los resultados confirman que el modelo es capaz de modificar la morfodinámica de la boca, y que la dinámica de la barra exterior depende no sólo de la dirección del oleaje, sino también de la amplitud de la marea, la disponibilidad de sedimento.

OCC-18

EROSIÓN COSTERA EN EL MUNICIPIO DE GUASAVE: PROCESOS COSTEROS VS. INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA

Villatoro Lacouture Monique M., López Zepeda Sandra Itzel, García Vargas Carlos Guillermo, Carlos Valerio Víctor y Sánchez Téllez Arturo
 EM Capital Soluciones Integrales
 mvillatoro@icraconsultores.com

Los procesos de erosión y los eventos hidro-meteorológicos extremos son las causas de las inundaciones costeras en el municipio de Guasave, pues al retroceder la playa, la infraestructura costera ha quedado más expuesta al embate del oleaje y la marea de tormenta. Esto ha tenido graves consecuencias económicas, por la destrucción de infraestructura y la degradación del valor turístico de las playas. Para plantear estrategias apropiadas de mitigación a la erosión costera es necesario identificar los mecanismos responsables de dichos desequilibrios en el contexto geomorfológico de la región y definir, a partir de las características geomorfológicas y dinámica identificadas, las causas de la erosión. Las causas de erosión son de dos tipos: natural y antropogénicas. Las causas naturales están relacionadas al proceso formativo de la parte sur de la costa de Sinaloa; una serie de sistemas lagunares formados como resultado de la generación de barreras litorales arenosas y alimentados por abundantes sedimentos fluviales, que aislaron del Golfo de California a una depresión de la plataforma continental interna inundada (Ayala-Castañares et al., 1994). La naturaleza dinámica de estos sistemas mar-barrera-estuario (con aporte sedimentario terrígeno) provoca, entre otros fenómenos, la migración de las barras arenosas, provocando erosión en una partes y acreción en otras, la apertura y cierre estacional de bocas, así como divergencias en la dirección predominante de transporte. En un intento por estabilizar la costa, se construyeron, en 1991, dos escolleras a cada lado del Río Sinaloa, para garantizar la navegación, y un espigón terminal en La Bocanita, para evitar la pérdida permanente de sedimento de la celda litoral. Adicionalmente, la construcción de dos presas en el Río Sinaloa en 1972 y 1981, bloqueó el principal aporte sedimentario de la zona. El efecto acumulativo de dichas actividades ha causado un grave proceso de erosión diferencial, con acumulación de sedimento al sureste de Boca del Río y retroceso de hasta 25 m/año al noroeste (Zayas et al., 2013), donde se encuentra la mayor parte del desarrollo del municipio. Análisis históricos de la línea de costa indican que la parte central de Playa Las Glorias, donde se encuentra la mayor urbanización, presenta las mayores tasas de erosión, siendo también la zona donde se han registrado los mayores daños y pérdidas. En conclusión, los problemas de erosión en Guasave son una combinación de los procesos costeros naturales y la falta de un manejo costero integral, ejemplificado en este caso por la construcción

de infraestructura muy cerca de la playa y sobre las dunas, la construcción de estructuras de protección mal planeadas y la falta de visión a escala de cuenca (caso de las presas). Dada la magnitud del problema, se plantea una estrategia de mitigación del riesgo que es una combinación de medidas duras (retiro de infraestructura urbana y espigones, y construcción de rompeolas sumergidos), y suaves (rellenos y reconstrucción del sistema de dunas), así como un énfasis en la resiliencia y adaptabilidad de desarrollos futuros.

OCC-19

CORRIENTES COSTERAS Y NIVEL DEL MAR EN EL MARGEN OCCIDENTAL DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, PACÍFICO SUR DE MÉXICO

Ahumada Sempol Miguel A., Reyes Hernández Cristóbal y Hernández Hernández Ricardo R.
Universidad del Mar, UMAR
 ahumada@angel.umar.mx

De junio 2015 a julio 2016 se obtuvieron observaciones oceanográficas y atmosféricas en cuatro sitios costeros del margen occidental del Golfo de Tehuantepec, Pacífico Sur de México. En cada sitio se ancló al fondo un perfilador de corrientes acústico por efecto Doppler para generar series tiempo de velocidad en la columna de agua y nivel del mar. También se instalaron estaciones meteorológicas terrenas a distancias relativamente cercanas a los anclajes. Tres de los sitios de anclaje corresponden a estaciones costeras ocupadas durante la realización de proyectos de investigación previos, por lo que estas observaciones constituyen una continuación del monitoreo de variables oceanográficas y atmosféricas con la idea de generar series de tiempo largas que permitan avanzar en el conocimiento de la variabilidad de mediano y largo plazo de fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en el Pacífico Sur de México. Un análisis preliminar indica que en los cuatro sitios de observaciones: Puerto Escondido (15°52'11.8"N, 97°06'56.7"W), Mazunte (15°39'21.0"N, 96°32'54.2"W), Bahía Tangolunda (15°45'37.5"N, 96°05'24.2"W) y Bahía Chipehua (16°02'34.0"N, 95°21'21.6"W), la intensidad de las corrientes varía con la profundidad alcanzando velocidades de alrededor de 50 cm/s cerca de la superficie y de 10 cm/s cerca del fondo. También se observan eventos en los cuales la intensidad de la corriente es muy similar desde la superficie hasta el fondo, posiblemente como resultado de procesos de mezcla intensa. Aunque la dirección de las corrientes suele variar con la profundidad y con el tiempo, en general, la dirección predominante es hacia el Sureste, seguida de la dirección Noreste y Suroeste. En cuanto a la marea, el área de estudio se caracteriza por un régimen de marea semidiurno mixto con un rango de aproximadamente un metro. De acuerdo con el espectro de potencia para cada sitio, las frecuencias más importantes corresponden a las componentes semidiurna (M2), diurna (K1) y quincenal (Mf).

OCC-20

VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS CORRIENTES COSTERAS ASOCIADA A EVENTOS DE NORTES EN EL SUR DE TEXAS

Romero Arteaga Angélica María, Domínguez
 Guadarrama Alejandro y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 an.romeroart@gmail.com

Las corrientes costeras son responsables de transportar contaminantes, nutrientes y sedimentos entre aguas someras y profundas. La variabilidad de las corrientes costeras se debe principalmente al efecto de procesos combinados generados por viento, topografía, mareas, oleaje, así como condiciones hidrográficas de la región. Este estudio determinará la variabilidad espacio-temporal del perfil vertical de las corrientes costeras, desde Corpus Christi hasta South Padre Island en Texas, en relación a variaciones de vientos de mesoescala, como son los Nortes, desde noviembre 2016 hasta abril 2017. Para ello se realiza la identificación de los 'Nortes' mediante variables meteorológicas (rapidez y dirección del viento) e hidrodinámicas (altura de ola significante y dirección). Con el fin de caracterizar la variabilidad de las corrientes costeras, se analiza el perfil vertical de las corrientes obtenidas de un arreglo de seis perfiladores acústicos Doppler que miden oleaje y corrientes, los cuales fueron instalados a 18-23 m de profundidad a lo largo de la costa de estudio. Relacionando la variabilidad de la magnitud y dirección de las corrientes costeras a diferentes profundidades antes y después de cada evento de Norte, se evaluará el efecto de estos vientos de mesoescala sobre los patrones de corrientes costeras. Esta investigación contribuirá a entender el efecto de diferentes tipos de Nortes caracterizados por su duración, intensidad y ocurrencia sobre la variabilidad de las corrientes en la costa del sur de Texas.

OCC-21

DESARROLLO Y MODELIZACIÓN DE TURBINAS POR CORRIENTES BAJAS EN APLICACIONES COSTERAS

Gross Markus¹, Houtin-Mongrolle Félix² y Trespeuch Franck²

¹CICESE

²INSA

mgross@cicese.mx

Se desarrollan turbinas para la extracción de energía renovable a partir de corrientes de menos de 1 m / s. Presentamos el procedimiento de simulación de diseños potenciales en un modelo tridimensional idealizado de Navier-Stokes y su acoplamiento a flujos a gran escala. Usando el código openFOAM y un código especial para la interacción de múltiples escalas se puede acoplar un modelo de la turbina con códigos costeros para la evaluación del impacto ambiental.

OCC-22

EFFECTO DE CONDICIONES HIDRODINÁMICAS EXTREMAS EN ESCENARIOS DE DERRAME DE HIDROCARBUROS EN MANZANILLO, MÉXICO

Valencia Hurtado Miguel Angel y Appendini Christian M.
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 miguel.valhur@gmail.com

El objetivo de este trabajo fue encontrar el efecto que tienen eventos extremos (i.e. tsunamis y ciclones tropicales) en casos hipotéticos de dispersión de hidrocarburos. Para ello se realizó la simulación hidrodinámica de este tipo eventos utilizando el modelo numérico MIKE 21. El trabajo se centró en la reproducción de los eventos de tsunami del 9 de octubre de 1995 ocurrido frente a las costas del Estado de Colima y el huracán Patricia que también impacto esta zona el 23 de octubre de 2015. Para la descripción matemática de estos fenómenos, se usó el método de Papazachos et al. (2004), y un modelo analítico híbrido basado en el modelo propuesto por Emanuel y Rotunno (2011) y Holland (1980) para la generación de los campos de viento y presión respectivamente. Los modelos de la hidrodinámica inducida por estos fenómenos fueron calibrados y validados utilizando datos medidos por el mareógrafo local. Se analizaron los valores máximos de elevación de superficie y magnitud de corrientes para cada fenómeno. Los escenarios fueron planteados en diferentes fases de la marea astronómica: flujo, máxima, reflujo y valores mínimos. Las ubicaciones de las fuentes de vertido se colocaron; una en el muelle de Pemex y la segunda en la Laguna de Cuyutlán. El modelo de dispersión utilizado fue ECOLab, y se analizó la expansión del contaminante y su concentración. Los resultados sugieren que ambos eventos pueden acelerar la dispersión del hidrocarburo respecto a la hidrodinámica inducida por la marea astronómica. En el caso del tsunami, puede alcanzar una mancha con un área similar a la que provocaría la hidrodinámica por marea en 5 días en aproximadamente 6 horas. Mientras que en el caso del huracán, la mancha contaminante puede alcanzar sobre la bahía de Manzanillo una distancia de hasta 6 km en un tiempo de alrededor de 12 horas.

OCC-23

PROCESOS DE INTERCAMBIO ENTRE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS Y EL OCÉANO ADYACENTE

González Montes Stephanie A., Flores-Vidal Xavier, Mejía Trejo
 Adán, Castro Valdez Ruben y Delgadillo-Hinojosa Francisco
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 stephanie2513@hotmail.com

La Bahía Todos Santos se localiza en la costa occidental de la península de Baja California, se encuentra limitada al noroeste por Punta San Miguel, al suroeste por Punta Banda y al Oeste por las Islas Todos Santos, las cuales dividen la conexión de la bahía en dos bocas denominadas boca norte con un ancho de 11 km y profundidades menores de 50 m, y boca sur con un ancho de 5 km y profundidades máximas de 450 m. Con el objetivo de caracterizar los flujos de entrada y salida de agua en la Bahía, se realizaron cuatro campañas de medición, dos en 2016 y dos en 2017, durante las cuales se obtuvieron perfiles de temperatura, salinidad y presión, además de perfiles de velocidad obtenidos mediante arrastres de ADCP bajo condiciones de mareas vivas y mareas muertas. Adicionalmente se usó una base de datos obtenidos con radio escatérómetros oceanográficos o radares HFR y datos meteorológicos, que permitieron complementar el esquema de circulación. Durante las cuatro campañas de medición, se observaron de manera recurrente flujos estrechos (de 3 a 5 km) al parecer termohalinos, saliendo por las costas de San Miguel (costa norte de la Bahía) y península de Punta Banda (costa sur-este de la Bahía). Ambos flujos de salida fueron observados de forma simultánea con su contraparte (flujos de entrada) abarcando toda la región de las Islas de Todos Santos. Dicho esquema de intercambio se observó hasta profundidades cercanas a los 15 m, limitado y al parecer reforzado, por la termoclina. Por debajo de 30 m de profundidad, la circulación neta de la Bahía pareció ser hacia el exterior. Lo anterior muestra la complejidad de la Bahía y de su intercambio de aguas, lo cual parece ser influenciado por procesos de fricción y gradientes termohalinos, muy similar a una dinámica estuarina.

OCC-24

MORFODINÁMICA ASOCIADA A CORRIENTES DE RETORNO EN LA PLAYA LA MISIÓN, B.C.

Desplán Salinas Gemma¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹, Candela Julio² y García Nava Héctor¹

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gemdesal@gmail.com

Las corrientes de retorno representan un peligro para los usuarios de las playas a nivel mundial. Actualmente se conoce relativamente poco respecto a la variabilidad de las corrientes de retorno en diferentes tipos de playa expuestas a forzamientos hidrodinámicos variables. El objetivo de esta investigación es determinar la variabilidad espacio-temporal de las corrientes de retorno en la playa La Misión, ubicada al noroeste de la Península de Baja California, México. Desde noviembre del 2015 se cuenta con mediciones topográficas y batimétricas mensuales que permiten estudiar la presencia o ausencia de canales, y así, evaluar la ocurrencia de las corrientes de retorno a escala estacional. Para corroborar la presencia de las corrientes y cuantificar su geometría, se capturan videos semanales desde febrero del 2017 con un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Con el fin de caracterizar los forzamientos hidrodinámicos asociados con las corrientes de retorno se utilizan datos de marea, mediciones de un perfilador acústico Doppler y datos de oleaje de un modelo numérico. Se espera que los resultados de este trabajo sean una contribución importante para la elaboración de un modelo de predicción de corrientes de retorno.

OCC-25

OBSERVACIONES RECIENTES DE MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSIÓN EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Ramírez Mendoza Rafael, Ocampo Torres Arturo Iván y Rivera Lemus Erick Rafael
CICESE
rrafael@cicese.mx

El Alto Golfo de California (AGC) ha sido una área comercial y ecológica muy importante. Recientemente ha llamado la atención a nivel mundial debido a los conflictos derivados de los intentos de protección a las especies endémicas "vaquita" y "totoaba". El Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Marina, formó un equipo multidisciplinario para estudiar las condiciones actuales del AGC. Una parte importante es conocer la dinámica sedimentaria debido a su fuerte relación con el ecosistema del área. En el presente trabajo se presentan observaciones de material particulado en suspensión, granulometría, distribución de tamaño de partículas en la columna de agua y la respuesta de estas variables a los forzamientos de marea y oleaje. En julio de 2016 y febrero de 2017 se llevaron a cabo dos campañas oceanográficas en las que se tomaron muestras de agua y de sedimento superficial, se llevaron a cabo lances con un analizador de partículas LISST (Laser In Situ Scattering and Transmissometry) y se colocaron anclajes con correntómetros. La predominancia del sedimento fino en el AGC permitió el procesamiento en laboratorio de las muestras de sedimento superficial con el LISST. Las muestras de agua se filtraron para obtener la concentración de material particulado en suspensión y llevar a cabo calibración de instrumentos acústicos y ópticos. El análisis preliminar de los resultados muestra corriente cerca del fondo de 0.4 m/s. Sin embargo, la resuspensión de sedimento más alta ocurrió durante los eventos de oleaje con altura significativa de casi 3m en los que la resuspensión de sedimentos fue tres veces mayor a la producida por la corriente de marea. La distribución de tamaños de partículas presentó los tamaños más grandes, de aproximadamente 140 micrometros, al parecer durante los periodos de calma después del oleaje alto. En contraste, las partículas más chicas, de hasta 34 micrones se registraron cuando el efecto del oleaje fue mas fuerte. Este comportamiento al parecer se debe a efectos de floculación de sedimentos, lo cual implica que estudios específicos de este tema deben llevarse a cabo para conocer sus consecuencias en el transporte de sedimentos del área de estudio.

OCC-26

FOCALIZACIÓN DEL OLEAJE CON ESTRUCTURAS SUMERGIDAS ELIPSOIDALES Y BICONVEXAS

García Nava Héctor¹, Quinn Cervantes Luis D.¹, Esquivel Trava Bernardo¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

²CICESE

hector.gnava@uabc.edu.mx

El oleaje es una de las fuentes renovables de energía más prometedoras para la obtención de energía eléctrica en el futuro. Se estima que la energía contenida en el oleaje, en todo el océano, es casi suficiente para cubrir la demanda eléctrica de todo el planeta. Sin embargo, la extracción de la energía de las olas presenta diversos retos tecnológicos y científicos tanto para el desarrollo de dispositivos extractores de energía como para la utilización práctica de éstos en diferentes regiones. En este sentido es sumamente impráctica la instalación extensiva de dispositivos a lo largo

de la costa, además de que en lugares con oleaje moderado la extracción de energía puede resultar incosteable. La focalización del oleaje con estructuras sumergidas es una alternativa para concentrar la energía del oleaje y así poder dedicar regiones más pequeñas para la extracción de energía ó para incrementar la extracción de energía en regiones donde el recurso es escaso. En este trabajo se analiza la capacidad de focalización de estructuras de tipo elipsoidal y biconvexo. Para ello se realizaron simulaciones numéricas con el modelo RefDiff donde se variaron las dimensiones de las estructuras sobre un fondo plano. Todas las estructuras causaron focalización, los mayores factores de amplificación del oleaje fueron de hasta 4.85 veces, lo que supone un incremento en la potencia del oleaje de mas de 20 veces la potencia incidente. Las estructuras elipsoidales causan una mayor focalización que las biconvexas aunque la diferencia es solamente del orden del 10%; sin embargo, las estructuras biconvexas ocupan 15% menos volumen de material para su construcción, lo que puede hacerlas más atractivas en términos de la relación costo beneficio. La focalización del oleaje así como la posición del punto focal respecto al centro de la estructura dependen de la razón de aspecto de la estructura R_A y del la profundidad relativa de la estructura h_R . La mayor focalización se obtiene con estructuras con una profundidad relativa $h_R \# 0.5$ y con razones de aspecto $R_A \# 0.8$. Las estructuras cuyo ancho es mayor que el largo focalizan más lejos de la estructura, mientras que las estructuras con mayor largo que ancho tienden a focalizar muy cerca o sobre la estructura. Las variaciones de la profundidad relativa ocasionan que el punto focal se acerque al centro de la estructura al disminuir h_R y se aleje al aumentar. El tamaño del área en que se focaliza energía del oleaje incidente presenta un comportamiento inverso a la focalización. Las estructuras que ocasionan una mayor focalización tienen áreas focales más pequeñas en comparación con las estructuras que ocasionan una menor focalización. Las estructuras elipsoidales y biconvexas son una alternativa útil para focalizar la energía del oleaje e incrementar la potencia del oleaje por unidad de área en ciertas regiones. El incremento deseado, así como la posición del punto focal se pueden controlar al seleccionar las dimensiones adecuadas de la estructura.

OCC-27

EVALUACIÓN DEL CLIMA ACTUAL DE CICLONES TROPICALES USANDO EVENTOS SINTÉTICOS GENERADOS POR DISTINTOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL

Ramírez-Manguilar Ana, Appendini Christian M.,
Meza-Padilla José Rafael y Ruiz Salcines Pablo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ana.manguilar@gmail.com

El uso de eventos sintéticos para determinar el clima de ciclones tropicales, permite una mejor evaluación estadística que el uso de eventos históricos. Esto se debe al corto registro histórico de ciclones tropicales, el cual comienza en 1851 en el Atlántico y 1949 en el Pacífico Nororiental. Una alternativa son los modelos de circulación global, sin embargo estos subestiman en número a los eventos históricos, por lo cual solamente aumentan el número de ciclones tropicales al poder utilizar eventos desde muchos años anteriores al registro histórico. Sin embargo, los Modelos de Circulación Global también subestiman los vientos máximos de los ciclones tropicales, los cuales son el principal objeto de estudio para determinar periodos de retorno y evaluaciones de peligro. De esta manera, utilizamos eventos sintéticos para realizar la evaluación. Los eventos sintéticos se obtienen a partir de estadísticas termodinámicas y cinemáticas, derivadas usando modelos de circulación global y contrastada con derivadas de reanálisis. En este caso presentamos los eventos sintéticos generados en base a los Modelos de Circulación Global para evaluar la precisión de estos modelos para reproducir el clima actual de ciclones tropicales. Se generaron por modelo un total de 3100 huracanes para el Golfo de México y Mar Caribe, y un total de 3380 huracanes para el Pacífico Mexicano, dando un total de 6480 eventos sintéticos que se utilizaran para hacer la evaluación al clima actual, Esto dará la base para el estudio de los ciclones tropicales su efecto del oleaje con cambio climático dentro del proyecto CEMIE-O.

OCC-28

CARACTERIZACIÓN DE "NORTES" A PARTIR DE LAS BITÁCORAS DEL SMN, DATOS IN SITU E IMÁGENES DE SATÉLITE

Kurczyn Robledo Jorge Alejandro¹ y Appendini Christian M.²
¹Cátedras CONACYT, Instituto Epomex, EPOMEX
²LIPIC SISAL UNAM
jalexkur@uacam.mx

A partir de los avisos de Norte que emite el Servicio Meteorológico Nacional, desde 2002 a la fecha, fue posible identificar las fechas en que ocurrieron los eventos Norte en el Golfo de México. Usando esta serie de tiempo, se extrajo la información oceanográfica registrada por diferentes boyas de la NOAA, localizadas en el área de estudio, así como la datos observados por diferentes sensores satelitales. Con este material fue posible caracterizar el fenómeno Norte, y determinar los cambios que estos eventos generan en diferentes variables como, oleaje, temperatura superficial del mar, nivel del mar, temperatura del aire, viento superficial oceánico, corriente superficial marina. Resultados preliminares de esta investigación muestran que en

los 15 años estudiados no hay una tendencia a incrementar el número de eventos Norte por año, los cambios mas energéticos en las variables antes mencionadas ocurren durante diciembre, enero y febrero, y es en diciembre cuando ocurre el mayor número de estos eventos, presentando 4 eventos en promedio con una duración de 4.5 días, es decir de los 31 días del mes, 18 fueron afectados por el fenómeno (representando el 58% de días). La serie de tiempo del número de eventos ocurridos anualmente, se comparó contra la serie de tiempo del Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés) y se observó que esta oscilación se correlaciona en un 50% con esta serie de tiempo.

OCC-29

OLEAJE EXTREMO POR NORTES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Appendini Christian M.¹, Hernández Lasheras Jaime²,
Meza-Padilla José Rafael¹ y Kurczyn Robledo Jorge Alejandro³
¹Instituto de Ingeniería, UNAM
²ICTS-SOCIB, España
³EPOMEX - Universidad Autónoma de Campeche
cappendinia@iingen.unam.mx

El oleaje extremo en el Golfo de México es el resultado de la incidencia de ciclones tropicales y sistemas anticiclónicos conocidos como Nortes. Si bien el oleaje por ciclones tropicales tiene consecuencias devastadoras, su probabilidad de ocurrencia es baja, mientras que los Nortes son un fenómeno frecuente que produce interrupciones de las actividades marítimas durante los meses de otoño / invierno. En este estudio se presenta una evaluación del oleaje producido por Nortes y el efecto del cambio climático, comenzando por la presentación de una nueva metodología para la identificación de Nortes, seguido de una metodología innovadora para su clasificación basada en la energía de oleaje. La identificación de Nortes se basa en un nuevo índice que permite identificar eventos tanto en el clima actual como en el futuro. Para determinar la energía de oleaje se utilizó un modelo de tercera generación para simular el oleaje generado por cada uno de los eventos identificados en el reanálisis CFSR y el modelo CMIP5 CNRM-M5 bajo el escenario RCP 8.5. En base a la energía de oleaje, se clasificaron los Nortes en 5 tipos, utilizando tanto el análisis de componentes principales como un análisis de agrupamientos por k-medias. Se realizó una evaluación del efecto del cambio climático sobre los diferentes tipos de Norte, lo que indicó que el cambio climático resultará en menos eventos de mayor intensidad y eventos de poca intensidad más frecuentes. Esto puede proporcionar un alivio para las operaciones costeras y marítimas, en relación con los tiempos de inactividad debido a condiciones de oleaje extremo, de modo que el diseño operativo de las estructuras marítimas podría considerar una menor incidencia de eventos extremos como resultado de Nortes. Si bien los resultados no son concluyentes debido a la incertidumbre impuesta por los Modelos de Circulación Global, este estudio proporciona la metodología para realizar la evaluación en otros modelos y así reducir la incertidumbre.

OCC-30

USO DEL MODELO WAVEWATCH III PARA EL ANÁLISIS DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS DE ACEITE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ramírez Hernández Lucio Nicandro y Hernández Rosales Arturo
Instituto Politécnico Nacional
luucheernan@hotmail.com

WaveWatch III es un modelo de oleaje global de tercera generación que simula el oleaje como resultado de un campo de viento sobre la superficie del agua. Por su parte, el oleaje genera un desplazamiento lateral en las partículas que se da en la misma dirección del movimiento del oleaje llamado Deriva de Stokes, que permite analizar el fenómeno de transporte de partículas de aceite en la superficie de los océanos, tema que ha ganado gran relevancia en el escenario actual del cambio climático debido al fuerte impacto ecológico en ecosistemas costeros. En este estudio los datos de Deriva de Stokes y altura de ola fueron obtenidos mediante simulaciones numéricas del WWAVEWATCH III, alimentados con datos de viento NARR a 10 metros, por un periodo de 2 meses para dos dominios localizados en el Golfo de México a diferentes resoluciones espaciales, uno de 7 km para el golfo de México, y otro dominio cercano a las costas de Veracruz de 5.5 km. Las simulaciones se realizaron para el periodo de Abril-Mayo de 2010, en el que se dio el devastador derrame de hidrocarburo frente a las costas de E.E.U.U. que ocasionó pérdidas económicas y daños ecológicos irreparables. Para el caso de la Deriva de Stokes se elaboraron rosas direccionales usando la velocidad superficial y la dirección de desplazamiento para analizar el fenómeno de transporte de las partículas de aceite. Estas gráficas mostraron que las direcciones predominantes que siguieron las partículas de aceite fueron sureste y sursureste, desde la aparición de la mancha de aceite hasta su posterior interacción con la corriente del Golfo, que terminó por dispersarla en el Océano Atlántico. Los datos de altura de ola refuerzan los resultados anteriores, e indican que el transporte de las partículas de aceite para el periodo simulado no se vio alterado por fenómenos como huracanes o depresiones tropicales, por lo que las velocidades y direcciones obtenidas fueron inducidas únicamente por el campo de oleaje, el cual presentó valores entre 0.6 y 3 metros de altura. Por último se observó que los ecosistemas más afectados por la mancha de hidrocarburo fueron los costeros principalmente de E.E.U.U. debido a la

gran diversidad de flora y fauna en ellos. Para un mejor detalle sobre los impactos ecológicos, se llevará a cabo esta metodología empleando mallas no estructuradas con el modelo WaveWatch III para analizar el transporte de partículas de aceite tanto en las zonas costeras de México como en las de E.E.U.U. Para una mayor precisión en la trayectoria seguida por las partículas de aceite se usarán modelos de circulación oceánica.

OCC-31

CARACTERIZACIÓN DE MAREA DE TORMENTA E INUNDACIÓN BAJO HURACANES Y CAMBIO CLIMÁTICO (ESCENARIO RCP 8.5) EN MANZANILLO, COLIMA

Ruiz Salcines Pablo, Appendini Christian M. y Salles Afonso de Almeida Paulo
Instituto de Ingeniería, UNAM
pruizs@iingen.unam.mx

La marea de tormenta es uno de los mayores peligros asociados a huracanes en las zonas costeras. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en el Quinto Informe de Evaluación (AR5, 2013) establece que calentamiento del sistema climático es "inequívoco" y, sin embargo, "existe poca confianza en las proyecciones específicas a nivel regional de las tormentas y la marea de tormenta asociada". La evaluación de la probabilidad de ocurrencia de mareas de tormenta y las inundaciones asociadas al cambio climático y su aplicación a casos específicos, es una prioridad para la planeación del desarrollo costero y prevención de desastres en el país. Actualmente no existen estudios para estimar los niveles de mar e inundación asociada a los eventos extremos consecuencia de los nuevos escenarios de cambio climático dados en el ICCP 2013 (AR5) en las costas mexicanas. En el trabajo se pretende caracterizar la marea de tormenta e inundación asociada generada por huracanes bajo efectos del cambio climático en el peor escenario posible (RCP 8.5) aplicado a nivel local por primera vez en México (bahía y ciudad de Manzanillo, Colima). Para poder tener en cuenta el cambio climático y ante la limitación del número de eventos históricos en un área a escala local se utilizan bases de eventos sintéticos con base en la física de generación e intensificación de huracanes e información de modelos de circulación global (NCEP/NCAR y de los modelos del CMIP5 (CM3 de la NOAA/GFDL y el HADGEM2-ES CM3 del UK Met Office, MIROC5 de CCAR / NIES / FRCGC, IPSL-CM5 de The Institute Pierre Simon Laplace y MPI-ESM-MR de Max Planck Institution) bajo clima presente y futuro. Los resultados muestran el clima presente y futuro de huracanes y marea de tormenta en el Pacífico Nororiental y las costas de Manzanillo, así como áreas potencialmente inundables bajo los eventos futuros más extremos y condiciones de cambio climático.

OCC-32

PROPAGACIÓN DE ONDAS SUBINERCIASLES EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS

Mateos Efraín¹ y Marinone Guido²
¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
²CICESE
efrain_mateos@tlaloc.imta.mx

En un estudio numérico, se encontró que la variabilidad, de tres a cinco días, del campo de velocidad está relacionado con la propagación, hacia el noroeste de la bahía, de una onda baroclínica. La periodicidad de la propagación de la onda se debió a la liberación de agua acumulada en la región de Ensenada-Estero Punta Banda (E-EPB). El esfuerzo del viento local es el responsable del transporte de agua hacia el sureste y debido a la geometría de la BTS, el agua se acumula en la región E-EPB. La relajación del esfuerzo del viento fue la principal causa de la liberación de agua acumulada. Con la aplicación de Funciones Empíricas Ortogonales Complejas, se encontró que también perturbaciones provenientes del exterior de la BTS causan variabilidad en la superficie libre del mar.

OCC-33 CARTEL

PROPUESTA DE MANTO PRINCIPAL PARA DIQUE EN TALUD DE BAJO COSTO Y ALTA ESTABILIDAD HIDROMECÁNICA

Gutiérrez Acosta Raúl y Verduzco-Zapata Manuel Gerardo
Universidad de Colima, UCOL
raul_gutierrez@ucol.mx

Los puertos y costas del país son importantes para el desarrollo de los mismos, ya que en ellos se llevan a cabo actividades económicas indispensables para su estabilidad y crecimiento, impactando fuerte en el sector comercial, sector industrial, sector turístico, y sector pesquero. Los diques a talud o diques rompeolas son las obras más usadas para la protección de áreas costeras o puertos contra la acción del oleaje en México. Estas estructuras disipan la energía de las olas por los procesos de: rotura, fricción sobre y en el interior del macizo granular y transmisión de oleaje hacia la parte abrigada. Los experimentos se realizaron en el canal de oleaje de la Universidad de Colima, el cual cuenta con 40 metros de largo 85 centímetros de ancho y 1.10 metros de alto. El tipo de espectro para la evaluación de la energía en

oleaje irregular que se utilizó fue el espectro JONSWAP. Para la generación de las olas se utilizó un programa (HR wallingford), el cual por medio de una función de transferencia movía la paleta con la velocidad y aceleración necesaria para generar el tipo de oleaje necesario para los experimentos. Este trabajo analiza, evalúa y propone de acuerdo a las teorías de Van Deer Meer 1988, Vidal 1994, un tipo de pieza para manto de coraza en rompeolas, que en volumen trabaja por peso propio y fricción el cual tiene las ventajas de un menor costo-beneficio y con igual o en algunos casos mejor estabilidad que los usados en México debido a su área de contacto entre las piezas. Además el tipo de forma hace que las piezas necesiten menos cantidad de concreto hidráulico lo cual beneficia por mucho el costo en la fabricación de las piezas que la mayoría de las piezas artificiales que trabajan a peso muerto. También la forma de tipo caramelo hace que las piezas se traben bajo condiciones de oleaje de tormenta, generando alta estabilidad en el manto, pues al comparar los datos obtenidos en laboratorio de los ensayos con cubos de concreto hidráulico y las piezas tipo caramelo los parámetros de estabilidad se comportan de manera muy similar a la de los cubos que en la actualidad tiene alto porcentaje de estabilidad con respecto a la mayoría de piezas que trabajan a peso muerto. En la actualidad la fabricación de los elementos de coraza en rompeolas para mitigar las fuerzas del oleaje son muy costosos y con los constantes cambios climáticos y dinámicos del océano, muchos de estos elementos no están cumpliendo con sus condiciones de estabilidad. Los caramelos pueden ser una buena alternativa para para mantos de coraza de rompeolas pues ofrecen buena estabilidad bajo condiciones de tormenta y además su costo- beneficio es mucho mayor que el de las piezas que se utilizan en México actualmente.

OCC-34 CARTEL

EFFECTO DEL OLEAJE EN LA DINÁMICA SUPERFICIAL DE BAHÍA TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

Gutiérrez Moreno Carolina¹, García Nava Héctor², Passalacqua Gino A.¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos³, Osuna Pedro³, Flores-Vidal Xavier⁴ y Ocampo Torres Francisco Javier³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²UAB

³CICESE

⁴UABC

carolina.gutierrez254@uabc.edu.mx

La predicción oceánica de las regiones costeras es muy compleja debido a los múltiples procesos que allí convergen. En particular, la interacción del oleaje con las corrientes puede provocar cambios en el tiempo de residencia del agua dentro de un cuerpo semicerrado, en los procesos de surgencia asociados al transporte de Ekman y en la profundidad de la capa de mezcla. En este trabajo se evalúa el efecto del oleaje sobre la dinámica de Bahía Todos Santos a través de un sistema de modelos numéricos atmósfera-oleaje-corrientes. El sistema se basa en tres modelos: el modelo atmosférico WRF (Weather Research and Forecast), el modelo de oleaje SWAN (Simulating WAVes Nearshore) y el modelo de circulación oceánica ROMS (Regional OceanSystem). Con el modelo WRF se obtuvieron campos de vientos de alta resolución que se utilizaron como forzamiento para los modelos de oleaje y corrientes. Para distinguir el efecto de la interacción olas-corrientes en la circulación, con el modelo oceánico se realizaron simulaciones con y sin acoplamiento con el modelo de oleaje. Para las simulaciones se seleccionaron tres periodos de tiempo con diferentes condiciones típicas de la zona. Las validaciones de las simulaciones numéricas se realizaron con los datos disponibles de estaciones meteorológicas y perfiladores acústicos. Se evaluó el efecto de los procesos turbulentos forzados por el viento, el oleaje y la flotabilidad en la capa de mezcla. Durante los eventos de vientos de Santa Ana, la dinámica de la capa de mezcla es dominada por los procesos de flotabilidad, seguida por el efecto del oleaje y con menor afectación por el forzamiento directo del viento. Los eventos Santa Ana, son periodos del orden de días donde los vientos cálidos y secos provenientes del continente ocasionan cambios importantes en los flujos de calor superficial del océano; mismos que, a su vez, modifican la circulación superficial de la Bahía Todos Santos. Así mismo en este trabajo se presentan comparaciones de la circulación de la Bahía con y sin la interacción entre las olas y las corrientes y se determina el efecto del oleaje en la circulación.

OCC-35 CARTEL

DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE A TRAVÉS DE PAREDES VERTICALES CON MANGLE EMERGIDO

Rivera Villa Héctor Mario y Verduzco-Zapata Manuel Gerardo
Universidad de Colima, UCOL
hm3.rivera@gmail.com

La mayoría de los desarrollos costeros necesitan protección, es por ello que el estudio e innovación de las estructuras encargadas de disipar la energía del oleaje ha sido y seguirá siendo de gran importancia, ya que la seguridad de nuestra población e infraestructura depende en gran parte de estas. A pesar de los grandes avances en el área, aun existe un amplio campo de estudio para realizar mejoras a las estructuras actualmente utilizadas; principalmente en lo que respecta al impacto ambiental que estas presentan. Los rompeolas tradicionales, a pesar de sus elevados costos de construcción, dimensiones e impacto ambiental negativo, siguen utilizándose con frecuencia. Hoy en día, por tendencia global, es imprescindible el desarrollo de modelos de protección costera amigables con el medio ambiente.

Por lo tanto, en busca de reducir los costos de construcción y desarrollar un modelo "eco-friendly" se propone y analiza los coeficientes de transmisión, reflexión y pérdida de energía de un modelo consistente de tres paredes verticales ranuradas, las cuales soportan un área emergida de mangle. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en el canal de oleaje de la Universidad de Colima, con un modelo escalado 1 a 25 geométricamente, el cual se sometió a oleaje regular e irregular con parámetros de oleaje semejantes a los encontrados en el las costas del Pacífico Mexicano. Los resultados demuestran la eficiencia del modelo propuesto al reducir de manera considerable la energía del oleaje, además de esta verse directamente influenciada por la densidad del mangle; A pesar de lo anterior, se sugieren mas estudios para evaluar diferentes tipos de vegetación, en sustitución de la planta de mangle.

OCC-36 CARTEL

SISTEMA FOCALIZADOR DE OLEAJE PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE UN DISPOSITIVO DESALINIZADOR IMPULSADO POR EL MOVIMIENTO ORBITAL DE LAS OLAS

Verduzco-Zapata Manuel Gerardo¹, García Nava Héctor² y Liñán-Cabello Marco³

¹Universidad de Colima, UCOL

²UABC

³UCOL

verduzco.ucol@gmail.com

La escasez física de agua en México es un problema causado en gran medida por la sobrepoblación y a la sobreexplotación y contaminación de los mantos acuíferos. El problema es aún mayor en comunidades aisladas donde con frecuencia existe una carencia de infraestructura hidráulica adecuada para el transporte y almacenamiento del agua potable. Por esta razón, en zonas costeras es cada vez más común emplear sistemas de desalinización de agua de mar, con la desventaja de que demandan gran cantidad de energía. Como alternativa se puede hacer uso de fuentes renovables, como el oleaje, para impulsar dichos sistemas y minimizar su impacto ecológico. En este trabajo se describe la etapa inicial de desarrollo de un dispositivo desalinizador de agua de mar impulsado mediante el movimiento orbital de las olas. Utilizando el modelo numérico FLOW-3D, se evaluaron varias relaciones de aspecto del sistema de bombeo (razón entre la altura y el diámetro de la boya). La boya con la relación de aspecto baja fue la más eficiente, al alcanzar la fuerza requerida para presurizar el agua de mar para permitir el flujo a través de las membranas de ósmosis inversa utilizadas en el proceso de desalinización. Posteriormente se comparó su desempeño al interactuar con oleaje focalizado mediante estructuras sumergidas. Los resultados son alentadores y se recomienda extender las pruebas utilizando oleaje irregular y con distintas configuraciones de sistemas focalizadores, los cuales pueden ser muy útiles en regiones con oleaje poco energético para provocar condiciones de oleaje más aperlaltado, ideal para el sistema de bombeo propuesto.

OCC-37 CARTEL

ANÁLISIS DE LA POTENCIA DISPONIBLE A PARTIR DE DISPOSITIVOS CONVERTIDORES DE ENERGÍA DEL OLEAJE (CEO) ANTE LAS CONDICIONES DEL OLEAJE EN MARES MEXICANOS

Leyva Olivier María Esther, Ocampo Torres Francisco Javier, Osuna Pedro, Navarro Labastida René Gabriel y Herrera Vázquez Carlos
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
mariesther.olivier@gmail.com

El objetivo del trabajo es presentar la evaluación de distintas tecnologías de conversores de energía de oleaje (CEO) en las costas Mexicanas. Para esto se determinaron distintas zonas de México donde implementarían sitios pilotos para evaluar el recurso energético con series de tiempo de la altura significativa y el periodo. Las zonas seleccionadas son el caribe mexicano, el golfo de México, pacífico mexicano y pacífico mexicano sur. Actualmente existen distintos diseños de dispositivos para obtener energía del oleaje, la dinámica del recurso hace que pueda ser aprovechada de diversas maneras por lo que hay prototipos para cada tipo de movimiento. En aguas poco profundas se aprovecha mediante flotadores o estructuras fijas que pueden moverse de manera vertical, horizontal y/o rotacional. Una estructura semi sumergida puede captar energía mediante medios mecánicos o neumáticos, asimismo la variación de presión. En este trabajo se escogieron aparatos CEO que cubrieran distintos métodos de obtención de energía para observar cual sería el más eficiente con el oleaje mexicano. Los convertidores analizados fueron el Aqua Bouy el cual capta movimientos verticales, Pelamis que capta movimientos horizontales y verticales, Oyster que utiliza la presión de la ola y por último el Wave Dragon y SSG que usan el acumulamiento de agua. Estos dispositivos tienen una matriz potencial ya calculada por Silva et al. 2013 que está en función de altura significativa y periodo con valores de Kw por metro de ola. Se obtuvieron imágenes combinando las matrices potenciales y de distribución conjunta del oleaje, las cuales mostraron la eficiencia de los dispositivos en mares mexicanos y la posible cantidad de energía obtenida de cada uno. Además de esto se evaluaron las variables representativas para la colocación y operación de cada dispositivo, esto dará información sobre las ventajas y desventajas de cada diseño. Con esta

información se puede desarrollar un diseño más apropiado para las características del oleaje y del ambiente en México.

OCC-38 CARTEL

OLEAJE EXTREMO Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Appendini Christian M., Hernández Lasheras Jaime, Meza-Padilla José Rafael, Ramírez-Manguilar Ana y Ruiz Salcines Pablo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cappendinia@ingen.unam.mx

Como parte de las actividades del CEMIE-Océano se ha planteado evaluar el efecto del cambio climático sobre el oleaje extremo en mares mexicanos. El objetivo de dicha evaluación es determinar el clima de oleaje sobre el cual estarán operando los dispositivos de generación de energía. En este trabajo se presenta un análisis previo al trabajo que se realizará en el CEMIE-Océano, a fin de poner en perspectiva el efecto del cambio climático sobre el oleaje extremo en el Golfo de México, el cual es el resultado de ciclones tropicales y sistemas anticiclónicos conocidos como Nortes. Las olas derivadas de los ciclones tropicales tienen consecuencias devastadoras pero de baja incidencia, mientras que las Nortes son frecuentes durante el otoño / invierno y generan olas que interfieren con las actividades marítimas. Si bien la planificación actual de las operaciones marítimas y el diseño de las estructuras se basa en datos históricos, el calentamiento global probablemente afectará dichas condiciones durante los próximos años y a largo plazo. Este trabajo analiza el oleaje generado por ciclones tropicales a partir de eventos sintéticos para superar las limitaciones impuestas por los breves registros históricos, así como la baja frecuencia de ciclones tropicales y la subestimación de las velocidades máximas del viento en los Modelos de Circulación General. El efecto de las implicaciones del cambio climático en el diseño de las estructuras se ilustra por el período de retorno de 100 años considerando los climas presentes y futuros. En relación al oleaje generado por Nortes, se presenta un método para identificar estos eventos, así como una clasificación de ellos en base a la energía de oleaje. La evaluación del efecto del cambio climático sobre el oleaje por Nortes se realizó evaluando el cambio en la frecuencia de los diferentes tipos de Nortes. En conclusión, el estudio muestra que el clima de oleaje extremo en el Golfo de México bajo el efecto del cambio climático se caracterizará por una intensificación del oleaje generado por ciclones tropicales, una disminución de eventos intensos generados por Nortes y un aumento de la ocurrencia de los eventos menos energéticos. Como tal, el diseño de las estructuras marítimas debiera considerar climas marítimos no estacionarios, que en base a estos resultados incluirían una intensificación del oleaje para el diseño estructural (resultado de los ciclones tropicales) y un diseño operacional que considere una menor ocurrencia de eventos extremos (resultado de Nortes).

OCC-39 CARTEL

MODELADO NUMÉRICO Y ANÁLISIS LAGRANGIANO EN CASO DE EVENTOS DE DERRAMES PETROLEROS EN LA REGIÓN DE PERDIDO

Bello Fuentes Fernando, Andrade-Canto Fernando y García Nava Héctor
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
fernandobf@hotmail.com

La zona costera frente a la región de Perdido (Norte de Tamaulipas y Sur de Texas), es un ambiente ecológica y económicamente vulnerable a la contaminación por hidrocarburos. Gran parte de la sociedad que habita en la zona costera depende de alguna manera de los recursos marinos de ésta región y la actividad pesquera que se ahí se realiza es de gran importancia económica. La Laguna Madre comprende un sistema lagunar costero de más de 200 km de largo delimitado por un sistema de islas de barrera, su importancia ecológica es tal, que se le otorgó la categoría de sitio RAMSAR, denominación internacional de estatus prioritario de conservación. En la región de Perdido se pretende realizar un conjunto de perforaciones petroleras, en las que en caso de ocurrir un derrame de petróleo, éste podría afectar tanto la zona costera como la Laguna Madre. El objetivo de este trabajo es determinar los fenómenos oceanográficos y atmosféricos que favorecen el transporte de hidrocarburos de la región de Perdido a la zona costera del norte de Tamaulipas y sur de Texas y clasificar dicha región en función de la probabilidad de arribo de hidrocarburo proveniente de un derrame en la región de Perdido. Para lograrlo se determina la variabilidad espacio-temporal de las corrientes costeras en la región de la costa norte de Tamaulipas y en la parte Sur de Texas, a través del análisis de datos de simulaciones numéricas. Para simular eventos de derrames de petróleo se advectan partículas y mediante el uso del análisis Lagrangiano se determinan trayectorias de las mismas, zonas que forman barreras al transporte y regiones de convergencia. Por último, se analizan los factores y los forzamientos que causan los comportamientos observados de las trayectorias de las partículas.

OCC-40 CARTEL

USO DE TÉCNICAS MIMÉTICAS PARA SIMULAR TRANSPORTE DE SEDIMENTO POR TRACCIÓN

Hernández-Walls Rafael¹, Jiménez-Hernández Sergio², García Nava Héctor¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹ y Azuz Adeath Isaac³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera, Universidad Autónoma de Tamaulipas

³CETYS Universidad Ensenada, Campus Internacional
rwalls@uabc.edu.mx

Una técnica mimética de segundo orden es puesta a prueba para simular el transporte de sedimentos por tracción. El modelo propuesto consta de dos módulos: uno hidrodinámico y otro de evolución geomorfológica. El módulo hidrodinámico, por simplicidad, se construye bajo el supuesto que la velocidad de un fluido es gobernado por las ecuaciones lineales e integradas de aguas someras en una dimensión. El módulo de evolución geomorfológica está gobernado por una ecuación de conservación de masa. Ambos módulos se resuelven mediante técnicas de discretización mimética, que han demostrado ser muy eficientes en la resolución de problemas de física, ya que están construidas a partir de leyes de conservación general. Para su validación, el modelo es puesto a prueba con un problema teórico con solución analítica conocida. Los resultados numéricos del modelo muestran la robustez y pertinencia del modelo. Encontrando que la técnica mimética promete ser una herramienta numérica adecuada para ser utilizada en simulaciones de la evolución geomorfológica costera.

OCC-41 CARTEL

IMPACTO DE UN TSUNAMI, UNA ESTUDIA NUMÉRICA

Gross Markus
CICESE
mgross@cicese.mx

El impacto de un tsunami puede ser devastador. Si se puede predecir la dinámica del impacto que viene la respuesta de los unidades de rescate puede ser más efectiva. Se utiliza un modelo no hidrostático de alta resolución para evaluar el impacto de diferentes tsunamis idealizados en el puerto de Ensenada. Se presentan las diferencias debidas a la configuración del modelo y los parámetros del tsunami.

OCC-42 CARTEL

DEPLOYMENT OF BIOLOGICAL/CHEMICAL SENSORS FOR LONG-TERM MONITORING IN CHALLENGING ENVIRONMENTS

Sobin Jacob, Hancock Chris y Figueroa Leonardo
Kongsberg Maritime
jacob.sobin@km.kongsberg.com

The demand for comprehensive subsea monitoring solutions in the marine scientific and industrial sectors is growing. Its interacting drivers are increasing environmental awareness, legislative changes and scientific projects, as well as improvement in process efficiency. Reliable and continuous data collection of multiple parameters is required for applications in offshore decommissioning and aquaculture, as well as CCS (carbon capture and storage) and methane hydrate field monitoring. Ocean acidification investigation is another application example that benefits from multi-parameter measurements, expressed here by the necessity of measuring at least two parameters of the marine carbonate system. State-of-the-art sensor and platform technologies are key components in designing contemporary monitoring solutions. The available sensor toolbox comprises physical (i.e., for CTD, currents) and chemical sensors with dissolved gas sensors (i.e., for O₂, CO₂, CH₄) playing a key role in the context of the above-mentioned applications. Moreover, there is a need in the academic and research community to deploy biological/chemical sensors in challenging with the goal of long-term monitoring. The University of Alaska, Fairbanks (UAF) is one institution that is pushing this envelop. UAF is taking a multi-institutional, multi-investigator approach to understanding the Arctic. They maintain a subsurface moored observatory on the NE Chukchi shelf near 71.6N, 161.5W. The first deployment occurred in September 2014 and the mooring will be re-deployed annually through at least 2018. UAF has invested in dissolved gas sensors to aid in the understanding of the marine carbonate system in the Arctic. By integrating pCO₂ and pH measurements, UAF will be able to investigate the effects of ocean acidification and carbon fluxes in the Chukchi Sea throughout the year, including poorly understood seasons when sea ice inhibits ship-based samples. This partnership's goal is to gather ice, ocean physics, nutrient and carbonate chemistry, particulate matter, phytoplankton, zooplankton, fisheries, and marine mammal datasets. On the U.S. East Coast, the University of New Hampshire is also tackling a project with challenging deployment. In collaboration with NOAA's Ocean Acidification Program (OAP), U.S. IOOS' Ocean Technology Transition Project awarded the University of New Hampshire (UNH) a three year grant in 2015 to expand the quantity and quality of ocean acidification monitoring across Northeastern U.S. coastal waters specific to meeting industry needs. This project has been underway for one year and is called "Tracking Ocean Alkalinity using New Carbon Measurement Technologies (TAACT Four different deployment platforms are

being used to enhance ocean acidification monitoring within the Northeast region extending from Long Island Sound to the Scotian Shelf with significant improvement in temporal and spatial coverage. In addition, three parameters tied to the coastal ocean's carbonic acid system are being measured. These parameters are Total Alkalinity (TA), pH, and the partial pressure of carbon dioxide (pCO₂). Adding the all-new TA measurement capability to the regional observation network will provide more accurate and reliable OA monitoring.

OCC-43 CARTEL

CREACIÓN DE MAPAS DEL FONDO MARINO UTILIZANDO SENSORES DE BAJO COSTO

Montes Herrera Juan Carlos, González Eduardo y Trasviña Castro Armando
CICESE Unidad La Paz
jcmontesh@gmail.com

Debido al incremento en la necesidad de técnicas analíticas automáticas que provean métricas precisas del fondo marino sobre cobertura, complejidad estructural y tipo de hábitat el objetivo de este trabajo es generar un flujo de trabajo para la creación de ortomosaicos del fondo marino que permitan extraer métricas de complejidad estructural (rugosidad y cobertura). El uso de plataformas automáticas como Vehículos Remotamente Operados que permitan realizar transectos automáticos georreferenciados, replicables, capturando diferentes variables (ej. Profundidad) y asistiendo a dificultades técnicas (ej. Iluminación) facilitará la obtención de fotografías del fondo marino que permitirán la creación de modelos digitales del fondo del mar y ortomosaicos los cuales mediante fotogrametría 'Structure from Motion' y Sistemas de Información Geográfica representan herramientas de gran oportunidad en áreas desde ecología marina a manejo de pesquerías y ecosistemas.

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizador:
Emilio Beier

OCE-1

EFFECTOS DE "EL BLOB" Y "EL NIÑO" EN LA HIDROGRAFÍA EN LA REGIÓN DE ENSENADA, B.C.

Durazo Reginaldo¹, Castro Valdez Ruben¹, Miranda Luis E.², Delgadillo-Hinojosa Francisco¹ y Mejía Trejo Adán¹

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²CICESE

rdurazo@uabc.edu.mx

En el periodo 2013-2016 se presentaron en el Pacífico una sucesión de eventos cálidos de escala interanual, con anomalías térmicas positivas. Durante el 2013 se observó una región de gran extensión con aguas anómalamente cálidas, la cual se formó en el Pacífico nor-oriental y se extendió para el 2015 hacia aguas frente a Baja California. También en 2015 se registraron las primeras evidencias de un evento El Niño, que se sumó al efecto ya existente. En este trabajo se analizan datos hidrográficos medidos en la Bahía Todos Santos y sus alrededores durante ese periodo. Las observaciones mostraron las máximas anomalías positivas de temperatura (~5 °C) durante septiembre 2015, con un rápido decaimiento hacia condiciones neutras en la primavera de 2016. Los registros en el interior de la bahía mostraron cambios leves en las condiciones hidrográficas durante la primavera, lo cual evidenció la importancia de los forzamientos locales sobre los remotos en esa época del año. En contraste, las observaciones de otoño mostraron que las señales interanuales dominaron sobre los procesos locales. El análisis de datos de altimetría sugirió una conectividad a través de la propagación de señales, identificadas como un flujo costero superficial hacia el polo.

OCE-2

IMPACTO DE LA ANOMALÍA DE AGUA CÁLIDA DE 2014-2015 SOBRE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA Y LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS EN LA ZONA COSTERA DEL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Delgadillo-Hinojosa Francisco, Félix-Bermúdez Armando, Durazo Reginaldo, Camacho-Ibar Víctor F., Torres-Delgado Vanessa y Mejía Trejo Adán
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
fidelgadillo@uabc.edu.mx

Este trabajo presenta la variabilidad estacional de la temperatura, la salinidad, los nutrientes y la biomasa del fitoplancton en la Bahía de Todos Santos (Baja California) bajo condiciones de la anomalía de agua cálida ("la mancha") que ocurrió en el Pacífico nororiental durante el 2014-2015. De agosto de 2014 a diciembre del 2015, mensualmente se recolectaron muestras de agua superficial para el análisis de clorofila *a* y se realizaron lances de CTD en 11 estaciones ubicadas en dos transectos dispuestos del interior al exterior de la bahía. Comparativamente con el periodo de 2008-2012, nuestro periodo de estudio se caracterizó por la presencia de aguas muy cálidas con salinidades intermedias, muy baja biomasa fitoplanctónica y un claro agotamiento de los nitratos, lo cual estuvo asociado con condiciones de surgencia reducida a lo largo de la costa del norte de Baja California. Las anomalías de temperatura fueron >2.5 °C a finales de 2014 cuando prevaleció "la mancha", disminuyeron durante la temporada de surgencias debido al transporte vertical de aguas frías, y retornaron de nuevo a valores >3 °C a finales de 2015 cuando El Niño apareció en las costas de Baja California. El ciclo estacional de salinidad previamente observado en 2008-2012 desapareció bajo estas condiciones anormalmente cálidas. Durante todo el periodo de estudio, la concentración de clorofila *a* se redujo significativamente, registrándose anomalías negativas >0.5 mg m⁻³. Además, la separación de la concentración de clorofila *a* de las células <5 µm y >5 µm, demostró que durante todo el periodo de estudio, las células pequeñas contribuyeron con la mayor fracción (~70%) de la biomasa fitoplanctónica. Nuestros hallazgos sugieren que la ocurrencia secuencial de "la mancha" en 2014 y El Niño en 2015 impactaron significativamente y de manera sostenida, los niveles de biomasa y de tamaño del fitoplancton favoreciendo el reciclamiento de la materia orgánica en la columna de agua, y consecuentemente, su disponibilidad para los niveles tróficos más altos de la región costera de Baja California.

OCE-3

INVASIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO EN LA FRONTERA MERIDIONAL DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa, Herguera Juan Carlos y Quintanilla Terminel José Gerardo
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
ycontrer@cicese.edu.mx

Los sistemas de afloramiento de las regiones de frontera oriental en los océanos, como el Sistema de la Corriente de California (SCC), son característicos por la presencia estacional de aguas superficiales relativamente más ácidas y ricas en nutrientes que la mayor parte del océano superficial, debido a la mezcla vertical de aguas subsuperficiales ricas en carbono. Esta mezcla vertical está controlada por la intensificación de vientos hacia el ecuador a lo largo de la costa durante la primavera y hasta principios del verano. Estos procesos hacen que estas regiones

sean especialmente sensibles a la acidificación oceánica y desempeñen un papel importante en el intercambio de carbono entre la atmósfera y el océano. Se muestran los registros isotópicos del carbono (δ¹³C) en sus fases orgánica e inorgánica para el último siglo, que muestran la dirección y magnitud de la invasión de carbono atmosférico en las aguas superficiales durante las últimas 3 décadas. Los núcleos fueron extraídos de la cuenca San Lázaro (25° 10' N y 112° 44' W), es una cuenca semicerrada, parte de un sistema de grandes fallas paralelas a la Península de Baja California, con un estrecho umbral de 350 m de profundidad por donde penetran aguas pobres en oxígeno hacia el fondo de la cuenca (540 m profundidad máxima). La constricción de la circulación impuesta por este bloque junto con las aguas pobres en oxígeno, la relativamente alta productividad y la exportación de carbono orgánico controlan las condiciones subóxicas de sus aguas del fondo. Estas condiciones inhiben los procesos de bioturbación biológica y permiten la acumulación y preservación de los sedimentos laminados. Se presentan los resultados de la composición isotópica de carbono de la fracción orgánica e inorgánica de tres diferentes núcleos. Los resultados muestran una tendencia hacia composiciones isotópicas más ligeras tanto de carbono orgánico como el calcítico durante las últimas tres décadas en paralelo al registro atmosférico, aunque con diferentes pendientes, las cuales proporcionan algunas claves sobre los procesos implicados en la generación de sus composiciones isotópicas. Los resultados aquí presentados muestran la influencia de los diferentes procesos que se tienen en el límite dinámico meridional del SCC, estas observaciones destacan la importancia de la invasión de carbono atmosférico y de la mezcla vertical de carbono subsuperficial para explicar el contenido en carbono en la capa de mezcla de esta región, así como el papel de esta región como emisor neto de carbono hacia la atmósfera.

OCE-4

DINÁMICA DE FRENTES SUB-MESOESCALARES DEL CANAL DE LAS ISLAS EN SANTA BÁRBARA CALIFORNIA CON OBSERVACIONES Y MODELACIÓN NUMÉRICA

Aguilar Tepole Nemesis¹, Pallàs Sanz Enric¹, Romero Leonel² y Ohlmann Carter²

¹CICESE

²UCSD

nemesis@cicese.edu.mx

Los frentes térmicos de sub-mesoescala son franjas en donde existen fuertes gradientes termohalinos que separan aguas densas y frías de aguas más ligeras y cálidas, su duración temporal puede ser de unas cuantas horas o días y abarcan distancias de 0.1 km a 10 km . Resultan de gran importancia en la advección vertical de nutrientes hacia la superficie y en el transporte y dispersión de diversos trazadores Lagrangianos como puede ser una mancha de contaminante. Se realizó una caracterización termohalina y cinemática tridimensional de frentes sub-mesoescalares utilizando datos de grupos de 4 derivadores superficiales obtenidos de un experimento piloto realizado en la plataforma interna del Canal de las Islas de Santa Bárbara California [Reporte no.2, Romero y Ohlmann, (2015)], y de simulaciones numéricas realizadas con el modelo Regional Ocean Modeling System (ROMS) con una resolución horizontal de 100 m (Romero et al., 2016). Los datos Lagrangeanos reales sugieren convergencia de trazadores y subducción a lo largo del frente. Para la caracterización tridimensional del frente con datos del modelo, se identificó un frente sub-mesoescalar numérico con números máximos de Rossby de 5 . Se construyó un frente promedio, y se observaron las siguientes características: $\Delta T = 0.5^\circ\text{C}$, $\Delta S = 0.05\text{ psu}$, $\Delta \rho = 0.1\text{ kg/m}^3$, $w_{\text{max}} = +2 \times 10^{-3}\text{ m/s}$, $w_{\text{min}} = -4 \times 10^{-3}\text{ m/s}$. Se estudió la dinámica dispersiva del frente realizando experimentos numéricos de liberación de partículas sintéticas en dos (2D) y tres dimensiones (3D) utilizando un modelo de advección de partículas. Para los experimentos en 2D y 3D se liberó un grupo de 1245 partículas durante un intervalo de tiempo de 11 horas, con una separación inicial de 50 m y configuración en forma de disco de 1 km de radio. En las simulaciones 2D se calculó la dispersión cuadrática media de las partículas con respecto a la componente principal (a lo largo del frente) y perpendicular al frente. La dispersión máxima a lo largo del frente fue 2 ordenes de magnitud mayor con respecto a la componente perpendicular. En las simulaciones 3D se observó un comportamiento similar al 2D pero se intensificó la dispersión perpendicular al frente. Se realizaron experimentos numéricos de liberación de 4 partículas con un esquema similar a la campaña piloto. Se calculó la divergencia horizontal a partir de la evolución de grupos de 4 partículas sintéticas y se calculó la velocidad vertical a partir de la ecuación de continuidad. Dichas estimaciones Lagrangeanas de w son comparables a la velocidad vertical Euleriana de ROMS. Finalmente se aplica la metodología a los grupos de derivadores Lagrangeanos liberados en la plataforma interna del Canal de las Islas de Santa Bárbara en el experimento piloto para diagnosticar la subducción en los frentes de forma experimental.

OCE-5

PROCESOS OCEÁNICOS Y CONTINENTALES ASOCIADOS CON LA PRODUCTIVIDAD MARINA EN EL MARGEN DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO DURANTE LOS ÚLTIMOS 14 MIL AÑOS AP

Arellano-Torres Elsa¹, Álvarez-Covelli Catalina²,
Barbara Loic³ y Lozano García María del Socorro³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad El Bosque

³Universidad Autónoma de Baja California, UABC
elsa_arellano@ciencias.unam.mx

En este trabajo, se estudia el núcleo sedimentario marino MV99-GC41/PC14, colectado de la Cuenca Soledad a profundidad de 540 m y a 85 km de la costa occidental de Baja California Sur, el cual posee registros continuos de proxies biológicos de ópalo biogénico (%opal), carbono orgánico (%CO) e inorgánico (CI) que evidencian variaciones en la productividad marina de últimos 14 mil años. Dichos cambios se han explicado a través de procesos oceanográficos como la surgencia costera, el consumo, disponibilidad y exportación de nutrientes a través de la circulación oceánica, o a fenómenos como El Niño Oscilación del Sur. Sin embargo, el objetivo de este trabajo consiste en analizar los tamaños de grano presentes a lo largo del registro, para evidenciar cómo los procesos climáticos que afectan al continente modifican su distribución y preservación en los sedimentos. Períodos climáticos de cambios en el nivel del mar, o bien asociados a sequías (ej. desertificación); o a mayor humedad (ej. aumento de descargas fluviales) son registrados en los sedimentos y muestran una relación tanto con el registro biogénico como el tamaño de grano a diferentes escalas de variación, i.e. secular, milenaria y glacial-interglacial, fundamentalmente ligado a desplazamientos latitudinales de la Zona de Convergencia Intertropical. Siendo además, el primer registro de sedimento marino del Pacífico Mexicano donde se registra continuamente el aumento del nivel del mar postglacial, a partir de la fracción terrígena del núcleo.

OCE-6

SURGENCIAS EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Flores Morales Ana Laura¹, Sánchez Barcena Rogelio¹, Parés
Sierra Alejandro², Castro Valdez Ruben¹ y Barbara Loic³

¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC

²CICESE

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
alflores@uabc.edu.mx

Dentro de las zonas de surgencia más importantes a nivel mundial se encuentran las del Pacífico Nororiental, región que incluye la costa occidental de la península de Baja California. Otra región de interés, aunque menos documentada, es el Golfo de California, donde las surgencias son menos intensas que del lado del Pacífico, y cuyas diferencias se deben, entre otras cosas, a la características físicas, geográficas y climatológicas que existen en ambas regiones. En este trabajo, se analizan observaciones de satélite de temperatura superficial del mar, concentración de clorofila y viento, para explorar algunos de los factores que afectan la ocurrencia e intensidad de las surgencias en ambas regiones. A estos datos se les aplica un análisis de Funciones Empíricas Ortogonales Conjuntas para analizar la correlación y variabilidad de dichas variables. Además, se muestra y comparan algunos índices de surgencia calculados entre ambas zonas.

OCE-7

EVALUACIÓN DEL RECURSO DE ENERGÍA HIDROCLÍNICA A ESCALAS LOCALES Y REGIONALES, Y ANÁLISIS DE POSIBLES RESTRICCIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS, PARA UN CASO DE ESTUDIO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Nieto-Oropeza Mario O.¹, Magar Vanesa², Gross Markus¹,
Marinone Guido¹, Pinon Gregory³ y De Basabe Jonás D.¹

¹CICESE

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

³University of Le Havre

nieto@cicese.edu.mx

En este trabajo se presenta una evaluación del recurso de energía hidroclínica en el golfo de California (GdC), un mar marginal mexicano con condiciones ideales para la explotación de este tipo de energía debido: a su geometría general, la cual provoca que la componente principal semi-diurna de la marea entre en resonancia, y; a la gran cantidad de islas, islotes, y promontorios presentes en todo lo largo de su costa, incluyendo las dos islas más grandes del país, Isla Tiburón (Sonora) e Isla Ángel de la Guarda (Baja California). Estas dos islas se ubican en la región centro, también conocida como la región de las grandes islas del GdC. Cabe mencionar que la energía hidroclínica en mar producida por mareas en lugares estrechos y con gradientes batimétricos importantes es altamente predecible, lo cual le confiere una

gran ventaja en relación a otros tipos de energía. Sin embargo, existen aún muchas preguntas por contestar, a través de estudios de factibilidad y de evaluaciones en detalle del recurso teórico, técnico, y práctico, para identificar los sitios en el GdC que sean óptimos para su aprovechamiento. Primero, se presentan mapas a resoluciones de 5km (mesoescala), correspondientes a resultados preliminares en la determinación de un índice de factibilidad de desarrollo de proyectos de energía hidroclínica a estas escalas. Sin embargo, estas resoluciones no son suficientes para evaluar la factibilidad de proyectos cercanos a la costa, en la que es necesario tener modelos de al menos 1km de resolución. Por esta razón, se presentan también resultados de una evaluación de recurso energético a resoluciones del orden de 100 m a 1km (sub-mesoescala) en la región de las grandes islas, y en particular, una caracterización del recurso energético en el Canal del Infiernillo, el canal entre Isla Tiburón y la parte continental del estado de Sonora, México. Concluimos con posibles restricciones técnico-económicas en la evaluación de recursos a escalas locales y regionales, usando los sitios de interés del GdC como casos de estudio.

OCE-8

UN PERÍODO DE POCA ACTIVIDAD DE MESOESCALA EN LA ENTRADA AL GOLFO DE CALIFORNIA REVELADO POR SENSORES REMOTOS: 2013 A 2016

Trasviña Castro Armando, Torres Hernández María Yesenia,
Valle Rodríguez Jonathan Bruno y Ramos Rodríguez Alejandro
Unidad La Paz - CICESE
trasvi@cicese.mx

Este trabajo discute mediciones de sensores remotos durante un periodo de poca actividad de mesoescala en regiones costeras de la entrada al Golfo de California. Esto ocurre en la época de la gran anomalía del Pacífico Noreste y continúa durante el evento del Niño 2014-2015. Presentamos resultados de analizar series de tiempo de más de 12 años de temperatura superficial del mar, clorofilas y nivel del mar de altimetría costera. En estos datos encontramos un periodo anómalo de 4 años durante el cual hay una reducción significativa de la actividad de mesoescala asociada a surgencias (frentes, filamentos). Por la duración e intensidad del evento su impacto en la dinámica y la biología de la zona costera tiene implicaciones que se extienden más allá de la zona costera.

OCE-9

CORRIENTES, TRANSPORTES Y VARIABILIDAD TERMOHALINA EN LA ENTRADA DEL GOLFO DE CALIFORNIA: ABRIL 19-21, 2013

Castro Valdez Ruben¹, Collins Curtis Allan², Rago Thomas
A.², Margolina Tetyana² y Navarro Olache Luis Felipe³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Naval Postgraduate School, Monterey California
rastro@uabc.edu.mx

Datos climatológicos indican que las aguas del Golfo de California se calientan a mediados de primavera por el intercambio de aguas con el Océano Pacífico. Para comprender mejor este intercambio con el Pacífico, se colectaron observaciones hidrográficas (CTD, SADCP, LADCP) a bordo del R/V Point Sur en una sección a través de la Cuenca de Pescadero (CP), Golfo de California, del 19 al 21 de abril de 2013. Los resultados indicaron un intercambio anticiclónico con el Océano Pacífico. Un flujo intenso de salida del Agua del Golfo de California (AGC) ocurrió sobre la parte exterior de la plataforma continental y pendiente de Sinaloa, con velocidades máximas de 0.5 m/s alrededor de 60 m de profundidad. Este flujo de salida alcanzó ~500 m de profundidad, ~50 km de ancho y en los 100 m superiores estuvo marcado por un máximo de salinidad (35.2). Al igual que con los flujos intensos observados previamente en esta área, la capa de mezcla parece proporcionar una compensación baroclínica parcial para el flujo baroclínico más profundo. El flujo de entrada cercano a la Península de Baja California fue más débil (0.1-0.2 m/s) y acarreo tanto Agua de la Corriente de California como el AGC. Los datos de altimetría satelital indicaron una posible razón para este patrón de flujo en la sección de CP: un par de remolinos frente a la punta de la Península de Baja California bloquearon la trayectoria habitual del flujo de la Corriente de California hacia Sinaloa. Los transportes horizontales integrados a través de la entrada al Golfo fueron calculados con la velocidad observada y asumiendo equilibrio geostrófico. Los transportes fueron mayores en los 200 m superiores con un flujo de salida por arriba de 500 m de profundidad, lo que implica un enfriamiento neto de estas aguas de la capa superior en el Golfo. Las observaciones se compararon con datos medidos a lo largo de la misma sección a principios de mayo de 1992. En abril de 2013 se observó una variabilidad termohalina mucho mayor en la capa superior (0-150 m) que en mayo de 1992 cuando se observó un flujo ciclónico bien desarrollado en la sección de CP. Los transportes estimados con Pegasus durante abril-mayo de 1992 fueron muy diferentes a los de abril de 2013, donde el flujo de entrada (y la ganancia de calor) dominaron por encima de 500 m de profundidad. El contraste entre las mediciones de 2013 y 1992, son un ejemplo de cómo los remolinos de mesoescala pueden revertir los intercambios estacionales normales en PB.

OCE-10

MODELACIÓN NUMÉRICA DE FRENTE Y FILAMENTOS ALREDEDOR DE CABO SAN LUCAS, MÉXICOPantoja Diego Armando¹ y Marinone Guido²¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara²CICESE

diego.pantoja@academicos.udg.mx

Con base en salidas de E. U. Copernicus Marine Service Information (E.U. CMEMS), se analizan los procesos energéticos asociados con la circulación alrededor de la punta de la península de Baja California. Por lo general durante el período mayo-junio-julio (MJJ), el Sistema de Corriente de California retrocede hacia el norte durante la transición de primavera a verano, separado por la isoterma de 25°C del sistema más cálido de Agua Tropical Superficial. Durante noviembre-diciembre-enero (NDE) ambos sistemas se mueven hacia el sur durante el cambio del otoño al invierno. Como consecuencia de estos periodos de transición se produce un proceso de frontogénesis entre estos sistemas de masas agua, más intenso durante MJJ, donde se desarrolla un gradiente casi zonal que da lugar a un sistema frontal alrededor de la punta de la península y que finalmente se desestabiliza para generar filamentos. Aunque estos filamentos duraron menos de cuatro semanas, fueron recurrentes durante cada transición al verano.

OCE-11

COMPARACIÓN ENTRE EVENTOS EL NIÑO 1997-98 Y 2014-16 EN TEMPERATURA SUPERFICIAL Y NIVEL DE MAR: ¿CUÁL MERECE SER CONSIDERADO EL MÁS INTENSO DE LOS ÚLTIMOS 70 AÑOS?Ramos Rodríguez José Alejandro¹, González Rodríguez Eduardo², Villalobos Ortiz Hector¹ y Traviña Castro Armando²¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE Unidad La Paz
jalejandro.ramos@gmail.com

Se muestra un comparativo entre los eventos ENSO de 1997-98 y 2014-16 de manera gráfica para la región comprendida entre los 40°S-50°N y los 60-150°W. Para ello se utilizaron los datos diarios generados por los proyectos, a) multisatélite AVISO/SSalto Duacs para nivel de mar (8,312 archivos, 1993-2016), y b) de la interpolación óptima de la temperatura superficial del mar (12,545 archivos, 1981-2016). A partir de estos datos se calcularon anomalías con respecto del patrón estacional para cada evento, indicando para cada pixel, el valor medio y máximo. El evento positivo de mayor intensidad para el período fue "El Niño" de 1997-98, con anomalías positivas máximas de entre 4 y 4.5°C para la temperatura y hasta 30 cm en el nivel de mar. Mientras que el evento de 2014-16 registró anomalías 5 a 15 cm de aumento en el nivel de mar y de 2 a 3°C en temperatura. Se observa, además, que existe una gran influencia de "El Niño" en la contracorriente ecuatorial, Cabo Corrientes, y la porción sur de la península de Baja California y el golfo de California, debido un incremento en el nivel de mar por advección de aguas por dicha corriente. Mediante diagramas evolutivos para el período 1992 a 2016 en la región costera y en la zona de monitoreo de "El Niño" en el Ecuador (5°S a 5°N, 90 a 160°W) se cuantifica la intensidad de los eventos 1997-98 y 2014-16 mostrando el desarrollo y extensión de estos. Los resultados indican que el evento ENSO de mayor intensidad fue "El Niño" de 1997-98. Asimismo, se discute que la intensidad registrada durante el evento de 2014-16 fue consecuencia de una combinación del ENSO con un evento anómalo de temperatura superficial acaecido en el Pacífico Oriental norte, lo cual es separado al observar el nivel de mar, no así en temperatura. Se discute sobre la utilidad del uso de imágenes satelitales para el monitoreo de eventos de corto, mediano y largo plazo a escalas espaciales grandes.

OCE-12

ONDAS DE "TSUNAMI" INTERNO EN EL LAGO CRÁTER SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARITFilonov Anatoliy¹, Pantoja Diego Armando², Gutiérrez-Brazuela Noel², Mireles-Loera Omar² y Tereshchenko Iryna²¹Universidad de Guadalajara, UdeG²Universidad de Guadalajara

afilonov@prodigy.net.mx

Se discuten los resultados de un experimento de mediciones térmicas y dinámicas en el Lago cráter profundo Santa María del Oro, Nayarit. En los meses de abril a octubre del 2006 se colocaron 19 anclajes con termógrafos HOBO en la termoclina, en la forma de cruz, algunos medidores de nivel HOBO-Level y un ADP SONTEK de 1000 kHz. Además, en la costa se instaló una estación meteorológica automática. El día 18 de Agosto todos los aparatos distribuidos en el lago registraron las ondas internas muy intensas (parecidas a las ondas de tsunami), generadas por deslizamientos subacuáticos de la pared oeste del lago. En el trabajo presenta el análisis de estas mediciones. También se discuten resultados de una simulación numérica de los procesos termodinámicos provocados por deslave submarino en el lago cráter.

OCE-13

ESTRATIFICACIÓN Y MEZCLA EN UN PUNTO DE LA COSTA EN EL EXTREMO OCCIDENTAL DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC: DICIEMBRE 2011-MARZO 2012Reyes Hernández Cristóbal¹, Ahumada Sempoal Miguel A.¹ y López Pérez Andrés²¹Universidad del Mar, UMAR²Universidad Autónoma Metropolitana

creyes@angel.umar.mx

La variación en estratificación en una columna de agua de 25 m de profundidad en La Boquilla, en el extremo occidental del Golfo de Tehuantepec, es analizada usando la diferencia vertical de temperatura observada diariamente a 5 y 24 m de profundidad respectivamente. Durante el período de observación la ganancia de calor a través de la superficie es el principal agente estratificante, mientras el viento y las corrientes de marea son los principales agentes de mezcla. El viento muestra variaciones diurnas y a aproximadamente 26 días. La marea por otro lado, muestra variaciones semidiurnas, diurnas y quincenales. La estratificación se debilita o rompe cuando viento de dirección oeste/suroeste de rapidez relativamente alta (>1.7 m/s) coincide con condiciones de mareas vivas. Para viento de dirección diferente al oeste/suroeste o condiciones distintas a mareas vivas, la diferencia vertical de temperatura (estratificación) se incrementa.

OCE-14

POSIBLE EVIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PROFUNDIDADES ABISALES DEL GOLFO DE MÉXICO

Ferreira Bartrina Vicente, Ochoa de la Torre José Luis, Herguera Juan Carlos, Sheinbaum Julio y Candela Julio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

paleoc@cicese.mx

Un ingrediente clave en estudios del cambio climático es el calentamiento de aguas profundas, alejadas de las superficiales en los trópicos y subtropicos. Estas últimas tienen calentamientos comparativamente rápidos respecto a las profundas. El incremento en la estratificación tiene diversas implicaciones en la circulación oceánica general, como lo manifiestan estudios con modelos numéricos y paleo-climáticos. Como los registros de temperaturas en y cerca de la superficie oceánica son de mucho mayor cobertura en espacio y tiempo que los de aguas profundas, estos últimos son muy valiosos. La presentación muestra mediciones en 4 localidades en la región abisal del Golfo de México que manifiestan un calentamiento, altamente lineal, de ~0.015 °C/década de 2007 a 2017. Se discute sobre las posibles causas de esta tendencia así como de algunas de sus implicaciones físicas.

OCE-15

PROCESOS DE TRANSPORTE E INTERCAMBIO DE PARTÍCULAS ENTRE EL MAR PROFUNDO Y LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICOGuerrero Moreno Lorena¹, Mariño Tapia Ismael¹ y Sheinbaum Julio²¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN Unidad Mérida²CICESE

lguerrer@cicese.edu.mx

En este trabajo se estudia el intercambio entre la región costera (plataforma y talud) y el océano profundo en el Oeste Golfo de México. Se utilizan 15 años de modelación numérica realizada con el modelo ROMS. Las simulaciones del modelo muestran la presencia continua de remolinos de mesoescala, eventos de surgencia y procesos asociados de convergencia y divergencia en regiones específicas, sugiriendo que el transporte a través de la plataforma continental puede ser muy importante para la dinámica y la fertilización del Golfo. Los resultados del modelo indican que el intercambio entre la plataforma y el mar profundo tiene lugar mediante procesos de inestabilidad de las corrientes a lo largo de la plataforma que generan meandros, frentes y jets perpendiculares a la costa, o por la interacción de estructuras de mesoescala con la topografía dando lugar a fuertes intercambios horizontales y verticales. Estudios previos han mostrado que la interacción de remolinos de mesoescala con el talud continental puede producir inestabilidad del flujo sobre el talud continental y generar una circulación secundaria hacia el mar profundo. Nuestros resultados muestran flujo intenso en ambas direcciones (hacia la costa y hacia mar profundo) con alta correlación con eventos de velocidad vertical intensa que a su vez esta asociada a la interacción de remolinos con la plataforma y/o con corrientes alédañas. Para cuantificar el intercambio de partículas entre la plataforma y el océano, se llevan a cabo cálculos eulerianos y lagrangianos para y tener una mejor representación de los procesos involucrados en el intercambio somero- profundo. Se encontró que el intercambio plataforma océano profundo depende de la proximidad, ángulo de incidencia y forma del remolino, siendo hacia la zona profunda cuando la distancia del remolino con la plataforma sea menor y hacia la plataforma cuando el remolino se encuentre retirado. Sin embargo, en la porción al norte del remolino, el intercambio es siempre hacia el océano, mientras que en la

región al sur del remolino siempre es hacia la plataforma. La magnitud del transporte en estas dos zonas esta también relacionado con las características del remolino.

OCE-16

OBSERVACIÓN DE PLUMAS DE AGUA DULCE EN EL GOLFO DE MÉXICO CON PLANEADORES SUBMARINOS

Tenreiro Miguel¹, Pallás Sanz Enric¹, Portela Esther¹, Meunier Thomas¹, Ochoa de la Torre José Luis¹, Ruiz-Angulo Angel¹, Ulloa Marco³ y Cusí Simó¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN Unidad Altamira
tenreiro@cicese.mx

Se presentan los resultados preliminares de las características termohalinas y biogeoquímicas de plumas de agua dulce del norte del Golfo de México con observaciones adquiridas durante las 7 primeras misiones con planeadores submarinos autónomos (gliders) realizadas por el Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) en el Golfo de México, grupo que se encuadra en la línea 1 del megaproyecto "Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la explotación y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México", financiado por el fondo CONACYT-SENER Hidrocarburos 2015-2020 y liderado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). La dinámica superficial de las plumas de agua dulce es descrita a partir de imágenes satélites de clorofila-a, dinámica topográfica absoluta y velocidades geostrofas superficiales. Se observa que las plumas de agua dulce son advectadas cientos de kilómetros mar adentro por jets confluentes localizados en regiones de estiramiento principalmente entre remolinos con vorticidad de signo opuesto o dipolos. Los jets confluentes son identificados in-situ con la velocidad promedio de la columna de agua inferida por el glider y por el afloramiento de las isopycnas a lo largo del eje de los dipolos. Las plumas de agua dulce son someras con una extensión vertical de ~40m de profundidad y con una extensión horizontal que puede llegar a las centenas de kilómetros. Las plumas se caracterizan por baja salinidad, altas concentraciones de clorofila-a y de carbono orgánico disuelto. La generación de estas plumas es recurrente de las aguas del Mississippi y del delta de Río Bravo asociada a la dinámica mesoescalar local y presencia de puntas/cabos topográficos. La importancia de estas plumas en la formación del Agua Común del Golfo de México (CGW) será discutida.

OCE-17

MHIPICT: MODELO NUMÉRICO PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS HIDRÁULICOS

Negrete David Uriel, Tuxpan Vargas José y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT
david.negrete@ipict.edu.mx

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo numérico para la simulación de fenómenos hidrológicos. El modelo matemático se basa en las ecuaciones de Saint-Venant en 2D, las cuales se deducen a su vez de las ecuaciones de Navier-Stokes. El modelo considera la parte turbulenta del fluido así como la fricción con el fondo usando la fórmula de Manning con un coeficiente de fricción promediado de los encontrados en la literatura. Se aplicó un método de diferencias finitas para la discretización de las ecuaciones. Posteriormente, se generó el código en lenguaje Fortran para efectuar los cálculos y la visualización de los resultados se efectuó en MatLab. Se presentan los resultados de experimentos considerando topografías ideales con diferentes pendientes, es decir, canales inclinados de anchura fija. Los resultados muestran la propagación de un frente de agua que puede ser el resultado del rompimiento de una presa, una crecida de agua por intensas lluvias, una bora causada por mareas en un estuario o bien una ola de tsunami alcanzando la costa, entre otros fenómenos. Se simuló con condiciones realistas un total de seis experimentos. Tres experimentos de rompimiento de presas, en los cuales se manejaron tres escenarios distintos: Con gran pendiente en el terreno y cantidad limitada del fluido a una resolución de 30x30 metros; uno con pendiente menos pronunciada y entrada continua de agua con misma resolución de 30x30 metros; por último uno con poca pendiente y entrada continua de fluido pero con una resolución mayor de 3x3 metros. Dos experimentos para simular la propagación de un soliton, uno con mallado de 3x3 metros y otro con mallado de 30x30 metros. Uno más para el caso de grandes avenidas de agua en ríos o incluso semejante a las boras, probando la estabilidad del modelo en la presencia de altos gradientes de presión constantes

OCE-18

INSTABILITIES, CASCADES AND 3D INTERACTIONS IN INTERNAL AND INERTIAL WAVE ATTRACTORS

Sibgatullin Ilias
Moscow Lomonosov State University
sibgat@ocean.ru

Internal wave attractors may serve as a laboratory model of high amplitude internal waves, when almost all the energy of the monochromatic external forcing (which may correspond to tidal forcing) accumulates along certain paths. Wave attractors were first described in trapezoidal domains. In this work we describe cascades of instabilities, arising inside the trapezoidal domain due to focusing of the waves on the inclined boundary. With the help of Fourier analysis, Hilbert transform, bispectra and other tools sequences of triadic resonances were studied [1,2]. For higher forcing amplitudes there may occur overturning and intensive mixing, which depends on spatial wave lengths. And on the other hand for even higher forcing there may begin intensive interaction of the waves with the walls which has as a result multi-folded structures propagating from the boundaries inside the domain and interacting with the mean oscillatory flow. Another important question is the stability of wave attractors in three-dimensional cases with localized wavemakers. Numerical simulations show, that in presence of inclined surfaces, even for localized wavemakers (one tenth of the domain size in transversal direction) the final structure of the attractor is close to two-dimensional, which was quantitatively described with the help of correlation functions.

OCE-19

EVIDENCIAS DE ONDAS ATRAPADAS A LA COSTA FRENTE TEXAS Y SUS IMPLICACIONES PARA LA DINÁMICA COSTERA EN LA ZONA DE PERDIDO

Domínguez Guadarrama Alejandro¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia², Romero Arteaga Angélica María², López Castillejos Julio² y García Nava Héctor²
¹CICESE/UABC
²UABC
adomingu@cicese.mx

La zona de estudio se localiza en la costa de Texas desde Puerto Isabel ~26 N hasta Corpus Christi ~28 N. Es una zona con un importante número de plataformas petroleras, lo cual la hace particularmente vulnerable ante derrames petroleros. Se sabe que la dinámica de la zona está dominada por vientos: frentes fríos en otoño e invierno y por vientos del sur en verano. Las corrientes están dirigidas hacia el sur la mayor parte del año y presentan inversiones en verano. Algunos estudios muestran que la corriente costera de esta zona se extiende hacia el sur e impacta la dinámica en la zona costera mexicana en el norte del Golfo de México (GoM). En la zona existen ondas atrapadas a la costa (OAC) que viajan hacia el sur con velocidades de fase del orden de 34 cm/s. En el presente estudio se utilizan mediciones de velocidad, presión y temperatura de seis anclajes someros instalados en la zona costera de Texas, junto con datos de altimetría para tratar de identificar la señal de estas ondas. Los anclajes muestran eventos intensos de velocidad con amplitudes mayores a 40 cm/s probablemente asociados a las OAC. Las magnitudes de la velocidad están dominadas por la componente meridional. Y el cálculo de espectros muestra que una parte importante de la energía está contenida en escalas entre 4 y 10 días.

OCE-20

ESTADÍSTICAS LAGRANGIANAS DE DISPERSIÓN Y DIFUSIÓN EN UN DOMINIO FINITO

Flores Ramírez Lenin Moisés y Zavala Sansón Luis
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
lflores@cicese.edu.mx

En este trabajo se estudia la dispersión y difusión de partículas pasivas en turbulencia 2D continuamente forzada por medio de simulaciones numéricas en un dominio finito. El objetivo es determinar la influencia del confinamiento sobre las medidas estadísticas Lagrangianas de partículas individuales y por pares (dispersión absoluta y relativa). Para lograrlo se realizaron experimentos de dispersión de partículas en dominios de distinto tamaño, manteniendo las características del flujo idénticas. Los resultados están orientados a resolver problemas de dispersión de trazadores pasivos en cuerpos de agua cerrados (mares, lagos) donde las dimensiones de la cuenca pueden tener un papel relevante en el transporte y destino de los trazadores. Los resultados muestran la modificación de los regímenes de dispersión absoluta y relativa conforme las partículas saturan el dominio. Cuando esto sucede ambos tipos de dispersión (absoluta y relativa) toman un valor constante. Esto permite definir un tiempo de saturación cuya magnitud es consecuencia del tamaño y forma del dominio, así como de las características del flujo dispersor.

OCE-21

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA INTERACCIÓN OLEAJE-CORRIENTES EN CONDICIONES DE VIENTO INTENSO

Larrañaga Marco, Osuna Pedro y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
larranaga.marco@gmail.com

El oleaje juega un papel importante en la transferencia de momento y propiedades escalares entre el océano y la atmósfera, a pesar de ello, la mayoría de los modelos operacionales no incluyen explícitamente los términos de la interacción olas-corrientes. En este trabajo se realizó un estudio numérico con la finalidad de mostrar la importancia de los procesos asociados a la interacción olas-corrientes, esto por medio de un sistema acoplado con el que se simuló las condiciones dinámicas generadas por la presencia de viento intenso (# 18 ms #1) en el Golfo de Tehuantepec. Para ello se utilizó el modelo de olas WAM con condiciones de frontera de una simulación de WW3 para incluir el efecto del oleaje remoto. Así mismo, se utilizó el modelo hidrodinámico POLCOMS con condiciones de frontera de la base de datos HYCOMS. Para resolver los procesos de mezcla turbulenta se utilizó el esquema de cerradura turbulenta # # #. El acoplamiento de los modelos POLCOMS y WAM fue basado en el formalismo vortex-force. Los forzamientos atmosféricos utilizados en ambos modelos se obtuvieron con una implementación del modelo WRF. Los resultados mostraron que durante un evento Tehuano la magnitud de los términos asociados a la interacción olas-corrientes (Stokes-Coriolis y vortex-force) fueron del orden de $\#1 \times 10^6 \text{ ms}^2$. Esto tuvo como consecuencia modificaciones del $\pm 20\%$ en la velocidad de las corrientes agostotónicas promedio, las cuales fueron debidas principalmente al término vortex-force. De igual forma se observó que al incluir los términos de la interacción olas corrientes la profundidad promedio de la capa de Ekman aumentó hasta un 20 %, lo que generó un aumento considerable en el transporte de Ekman.

OCE-22

EFFECTO DEL OLEAJE EN LA MEZCLA DE LA CAPA SUPERFICIAL DEL OCÉANO

Peláez Zapata Daniel Santiago¹, Ocampo Torres Francisco Javier¹, Osuna Pedro² y García Nava Héctor²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
dpelaez@cicese.edu.mx

El oleaje es el principal mecanismo de transferencia de momentum entre el océano y la atmósfera, por lo tanto es un punto clave en la mezcla de la capa superficial del océano. La producción de energía cinética turbulenta (TKE) en la capa mezclada se debe a tres factores: la producción por corte del flujo medio, la producción por flotabilidad y la producción por el corte de la deriva de Stokes. Esta última es la turbulencia de Langmuir. En este trabajo se presentan mediciones simultáneas del perfil de tasa de disipación de TKE y el espectro direccional del oleaje. La tasa de disipación de TKE fue obtenida con un perfilador de microestructura VMP-250 entre 1 y 70 m de profundidad. Los resultados preliminares muestran que bajo condiciones de oleaje bajo ($H_s = 1 \text{ m}$, $T_p = 8 \text{ s}$), los valores de tasa de disipación son del orden de 10^{-7} en cerca de la superficie y decrecen rápidamente hasta 10^{-8} por debajo de la termoclina (cerca de 15 m). Finalmente, se espera caracterizar los perfiles de tasa de disipación en función del número de Langmuir que se define como la razón entre la producción por corte del flujo medio y de la deriva de Stokes. Para valores de $La < 0.3$ la mayor producción de TKE está dada por las olas y para valores de $La > 0.3$, la TKE está dominada por el flujo medio.

OCE-23

CORRIENTES MEDIDAS CON RADIO ESCATERÓMETROS OCEANOGRÁFICOS EN LAS COSTAS DE BAJA CALIFORNIA

Saavedra Matta Joahana, Rodríguez Padilla Isaac, Sandoval Rangel Andrés, Liera Cesar A., Saldaña Bencomo Jesús, Durazo Reginaldo, Hernández Ayón Martín y Flores-Vidal Xavier
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
joahana8.3@hotmail.com

En este trabajo se presenta un estudio de la variabilidad oceánica superficial en una región de la Corriente de California frente a Ensenada, Baja California. A partir de datos de radares de Alta Frecuencia; se monitorearon las corrientes superficiales con un alcance en mar abierto de ~150 km, resolución espacial de 3 km y temporal de 1 h, para dos épocas diferentes: invierno (considerado del 2 de diciembre del 2016 al 26 de enero del 2017) y primavera (considerado del 3 de marzo al 23 de abril del 2017). En general se identificaron 4 rasgos relevantes: a) un flujo costero (hasta ~80 km de la costa) hacia el ecuador con magnitud promedio de ~15 cm/s, b) una corriente más débil con dirección sur-oeste frente a la Bahía Todos Santos, c) un flujo hacia el polo en la zona más al oeste de la cobertura de los HFR (a ~100 km de la costa) y, d) un giro anticiclónico en la región sur-oeste de la cobertura de las mediciones (31oN, -117oW), mismo que fue persistente durante casi todo el periodo de observación. Los resultados son complementados con trayectorias de derivadores Lagrangeanos, además de productos satelitales de altimetría, viento y

temperatura superficial. Al parecer el campo de viento parece tener una influencia significativa en los rasgos a, b y d.

OCE-24

ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES LIGADAS A CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Daudén Bengoa Gonzalo¹, Herzka Liona Sharon Zinah¹, Echeverri García Laura del Pilar¹, Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.², Cano Compaire Jesús² y Domínguez Alejandro²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto Politécnico Nacional - CICIMAR, IPN
gdauden@cigom.org

Comprender la relación entre los procesos y condiciones oceanográficas y los diversos patrones de distribución, abundancia y diversidad de las poblaciones ictoplantónicas mesopelágicas es un gran reto, debido al tamaño pequeño y nivel de desarrollo limitado de las larvas, así como por la complejidad de los procesos físicos y biológicos involucrados. Los mictóforos son una de las familias de peces mesopelágicos con mayor biomasa y amplia distribución, y juegan un papel importante en la estructura trófica de regiones oceánicas. La alta diversidad de especies de la familia, unida a una distribución amplia que abarca desde el Ártico hasta el Antártico, permite utilizar la composición taxonómica y patrones de distribución de los mictóforos como indicadores biogeográficos y trazadores de procesos oceanográficos. Sin embargo, los estudios sobre larvas de peces de esta familia son escasos en nivel mundial, y particularmente en el golfo de México. El objetivo de este trabajo es evaluar si hay asociaciones de larvas de peces de taxones dominantes de la familia Myctophidae en la región de aguas profundas (> 1000 m) del sur del golfo de México (19°N a 25°N), están relacionadas con condiciones oceanográficas o regiones específicas. Durante el crucero oceanográfico XIXIMI-04 (agosto-septiembre 2015) fueron recolectadas 56 muestras de plancton en los 200 primeros metros de la columna de agua mediante arrastres oblicuos con una red bongo de 333 µm. En promedio, el 30.75% de la abundancia estandarizada de larvas de peces perteneció a la familia Myctophidae, y está familia fue la segunda más abundante después de Engraulidae. Las larvas de esta familia se encontraron en todas las estaciones, por lo cual la frecuencia de ocurrencia fue del 100%, y se identificaron 67 taxones distintos. La abundancia y distribución de taxones específicos fue diferente dentro de la bahía de Campeche y en la zona norte del área de estudio, lo cual sugiere la presencia de dos regiones biogeográficas. A partir de análisis multivariados se identificarán qué condiciones oceanográficas se relacionan con las asociaciones de mictóforos y se evaluará si éstas presentan una mayor similitud en regiones con condiciones oceanográficas semejantes. Estudiar las asociaciones de larvas de mictóforos y la relación con condiciones oceanográficas permitirá conocer detalladamente la distribución de las larvas, las asociaciones entre las diferentes especies y patrones biogeográficos de los mictóforos en la región sur del golfo de México.

OCE-25 CARTEL

ALGUNOS RESULTADOS DE ESTUDIO DEL RÉGIMEN TÉRMICO Y DINÁMICO DE LOS LAGOS CRÁTER DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Barba-Lopez Maria del Refugio¹, Filonov Anatoliy², Velázquez-Muñoz Federico², Alcocer-Durand Javier³ y Tereshchenko Iryna²
¹Posgrado de ICMYL, UNAM
²Universidad de Guadalajara, UdeG
³UNAM, FES Iztacala
mary_barba90@hotmail.com

En este trabajo se presentan los resultados del estudio del régimen térmico y dinámico de los lagos "El Sol" y "La Luna", ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca, México. Estos lagos, por ser lagos de alta montaña se encuentran sometidos a condiciones climáticas rigurosas que, en buena medida condicionan las características y dinámica de sus aguas y a su vez, sirven como indicadores de cambios en el clima, ya que por sus dimensiones son muy susceptibles a variaciones de forzamientos atmosféricos (Alcocer, 2008). Durante el mes de Septiembre de 2010 se realizó una campaña de trabajo coordinada por el ICMYL UNAM y el Dpto. de Física UdeG, para obtener mediciones de las condiciones meteorológicas e hidrodinámicas de estos lagos de alta montaña. Se instalaron cinco anclajes con termógrafos HOBO y HOBO-Level para medir la temperatura en varias profundidades. Uno de estos anclajes contaba, además, con un ADP NORTEK de 1000 kHz, para medir corrientes cada metro en la columna de agua. Al mismo tiempo se instaló una estación meteorológica para registrar valores de temperatura, velocidad y dirección del viento, entre otras variables. Los resultados de estas mediciones muestran que existe una variabilidad diaria de la temperatura en la capa superficial del lago, que es de aproximadamente 1 a 1.5 metros de ancho, la cual muestra, en el día, variaciones de temperatura de hasta 2°C. Por las noches la temperatura es uniforme, teniendo un valor aproximado de 11°C en toda la columna de agua. La rapidez del viento muestra valores de hasta 6 m/s y no se distinguen lapsos de tiempo en los que se presente calma total en el viento. El histograma de dirección del viento muestra que la dirección reinante es del SE. Durante la época de verano y otoño el lago es muy estratificado. La frecuencia de flotabilidad en la

termoclina alcanza 8-10 ciclos/hora. La temperatura media en el lago "El Sol" es casi 0.5°C más alta que la temperatura media en el lago "La Luna". Se han realizado simulaciones numéricas utilizando el modelo numérico tridimensional POM. Los resultados de estas simulaciones muestran que los flujos de calor generan una capa superficial cálida de 1 a 2 metros de ancho. El modelo demuestra que la circulación queda limitada por la estratificación y se presenta un régimen de movimiento por capas que se invierte en dirección entre el día y la noche.

OCE-26 CARTEL

CONECTIVIDAD EN EL SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO DE LARVA DE LANGOSTA ESPINOSA (PANULIRUS ARGUS; RESULTADOS PRELIMINARES)

Corona Villegas Jan Gilbert¹, Palacios Hernández Emilio¹, Carrillo Laura², Montes Aréchiga Jorge Manuel¹ y Filonov Anatoliy¹

¹Universidad de Guadalajara, UDG

²ECOSUR (Unidad Chetumal)
gilnightray@hotmail.com

Utilizando datos de corrientes de HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) desde el 1 de enero del 2010 al 31 de diciembre del 2013, se realiza un estudio de conectividad de larvas de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Sistema Arrecifal Mesoamericano por medio del Sistema de Modelación de Conectividad (CMS). La permanencia en estado filosoma de la larva en el ambiente es de 6 a 11 meses. Los resultados preliminares indican que la concentración de larvas se localiza en corrientes que se dirigen hacia la Bahía de Chetumal y se mueven a lo largo de la costa en dirección a la Bahía de Amatique. Estos resultados serán de gran utilidad para poder realizar una explotación sustentable del recurso que es la Langosta espinosa (*Panulirus argus*).

OCE-27 CARTEL

PRIMERAS OBSERVACIONES SOBRE LOS FLUJOS VERTICALES EN LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS, GOLFO DE MÉXICO

Aguirre Fernando¹, Lara Lara Rubén², Herguera Juan Carlos², González Eduardo², Pérez Burguez Mara Yavari¹, Choumiline Evguene¹, Reyes Galvez Cesar Alejandro¹, Rochín Heriberto³ y Bazán Carmen²

¹CICIMAR

²CICESE

³UABCS

⁴University of Toronto
faguirre@ipn.mx

Entender cómo funcionan los ecosistemas, y como responden ante diversos factores incluyendo los antropogénicos y desastres naturales, e.g., ciclones pero también aquellos causados por las actividades humanas, e.g., derrames petroleros, es a través de las estaciones de series de tiempo. No obstante, la variada y valiosa información que proveen, en México éstas aún son muy escasas y aún más en el Golfo de México, probablemente, debido al alto esfuerzo logístico y económico requerido para su mantenimiento a largo plazo. En este contexto el objetivo de una línea de investigación del megaproyecto SENER-CONACYT- es determinar la variación en magnitud y composición de la materia particulada en hundimiento (MPH) y los procesos bióticos y abióticos que la regulan. Para ello a finales de junio de 2016 -a bordo del buque de la Armada de México BI-06 Rio Hondo-se instalaron dos trampas de sedimentos (TS) de series de tiempo marca McLane (modelo PARFLUX Mark78H-21 con 21 botellas colectoras) ubicadas en las regiones de Perdido (25.5° N -95.8°W) y Coatzacoalcos (19.4°N -94.0°W). En ambos casos la TS se ubicó aproximadamente a 70 m de la costa, a una profundidad de 1000 m y 50 m del fondo marino. Por seguridad en cada uno de los anclajes se instaló un doble sistema de liberación acústica. Las TS fueron programadas para coleccionar de manera sincronizada por periodos de 18 días consecutivos e independientes. Se planea recuperar los anclajes (con las muestras que representan un año completo de colecta) a finales del verano de 2017. Cada una de las muestras colectadas será fraccionada (fraccionador rotatorio) en 10 alícuotas iguales, 5 de ellas serán lavadas y secadas para determinar el flujos de masa total (FMT) (método gravimétrico), los contenidos de carbono y nitrógeno orgánico y de #13C y #15N (mediante un analizador elemental CHN acoplado a un espectrómetro de masas), CaCO₃ (coulometría), BioSiO₂ (extracción secuencial), y por derivación la fracción litogénica (Lito= (FMT-(CaCO₃ + BSiO₂ + (Corg*2.5))) adicionalmente, alícuotas húmedas serán destinadas para analizar la estructura del nanoplankton calcáreo, así como la riqueza y abundancia de foraminíferos. Se mantendrá material seco y alícuotas húmedas de reserva para futuros análisis. Por otra parte, para conocer las condiciones oceánicas, patrones y tendencias del ambiente de depositación en estas regiones se generaron series de tiempo de temperatura superficial del mar (GHRSSST) y clorofila (COPERNICUS), a partir de datos satelitales históricos de los últimos 15 y 20 años, respectivamente. La TSM indica una evidente estacionalidad en ambos casos con valores similares. En cuanto a las anomalías de temperatura, estas muestran una tendencia positiva de junio 2016 a la fecha para Perdido, mientras que no son consistentes para Coatzacoalcos. Los datos de la concentración de Cla muestran la condición oligotrófica de este mar con valores máximos de 1 mg.m-3. Las series de tiempo mostraron anomalías negativas de 2015 a 2016

para la región de Perdido. Finalmente se pretende colaborar con investigadores y estudiantes interesados en esta área del conocimiento.

OCE-28 CARTEL

CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA INDUCIDA POR MAREA Y ESFUERZO DEL VIENTO EN LA SUPERFICIE DEL MAR: ANÁLISIS DINÁMICO E IMPLICACIONES SOBRE DISPERSIÓN EN ZONAS COSTERAS

Quijano del Olmo Sandra Laura¹ y Magar Vanesa²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²CICESE

sqijano@cicese.edu.mx

El Golfo de California (GdC) es uno de los mares marginales con mayor productividad primaria asociada a procesos físicos como las mareas, surgencias y mezcla vertical, lo que favorece una alta biodiversidad en el ecosistema. Con base en los resultados de dos modelos numéricos hidrodinámicos, uno bidimensional (el modelo de aguas someras integrado verticalmente) y uno tridimensional (de capas), se describe la circulación residual por viento y marea en particular en el Alto Golfo de California y en zonas costeras para analizar las posibles implicaciones sobre los procesos de dispersión de partículas. El modelo, forzado únicamente con la marea en la boca del Golfo, se validó con los datos de las estaciones mareográficas a lo largo del Golfo. Los resultados del modelo forzado con viento y marea indican que las corrientes residuales en el norte del GdC se caracterizaron por ser intensas en la costa este, así como en la zona de las grandes islas. Además, se observa que las trayectorias lagrangeanas de trazadores pasivos siguen en particular las zonas en donde las corrientes residuales resultan intensas, siendo mayor la excursión de los trazadores en el Alto Golfo, así como en la zona de las grandes islas. Los resultados de ambos modelos 2D y 3D no presentan diferencias significativas, lo que indica a su vez que el modelo 3D está operando adecuadamente en su modo barotrópico con 10 capas de densidad homogénea. Lo que resta es operarlo en su modo baroclínico haciendo variar la densidad de las capas y permitiendo los flujos de calor tanto en las capas como entre éstas.

OCE-29 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LA ENERGÍA Y LA POTENCIA DE LAS OLAS: DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES MEDIAS Y EXTREMAS DEL OLEAJE EN LA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO MEXICANO

Gorr Emiliano y García Nava Héctor
Instituto de Oceanografía Costera, IIO
emigorr@hotmail.com

Actualmente se observa una tendencia creciente en la demanda energética planetaria. El aumento constante de la población y el auge de determinadas actividades crean un panorama evidente en la búsqueda y utilización de nuevas formas de generar energía. Aunque el desarrollo de nuevas tecnologías ha hecho más eficiente el consumo de energía, el número de usuarios se incrementa exponencialmente. Esto se enfatiza sobre todo en los países emergentes, como es el caso de México, donde la necesidad energética es año tras año mayor y los factores mencionados agravan de forma notoria la situación. En este marco, las energías renovables pueden jugar un papel importante para propiciar el cambio energético esperado. Un modelo energético renovable permitirá al país ser más autosuficiente, economizar los gastos y contaminar menos el entorno. De las diferentes fuentes de energía renovable disponibles en el océano la energía del oleaje es una de las más prometedoras para la obtención de energía eléctrica en el futuro. En el presente trabajo se evalúa la disponibilidad de energía y la potencia de las olas a lo largo de la zona costera mexicana como observaciones para diseñar e implementar dispositivos adecuados de generación de energía (WEC). Para ello se realizan simulaciones numéricas del espectro direccional del oleaje en zonas específicas del Pacífico Mexicano para caracterizar la variabilidad espacio-temporal del oleaje en aguas profundas, las condiciones de propagación y concentración en sitios con mayor potencial energético, así como las condiciones medias y extremas del oleaje. En términos generales la potencia promedio del oleaje es mayor en la región de Baja California y disminuye hacia el sur. Estacionalmente, la potencia del oleaje es mayor en invierno en Baja California y en verano en el Pacífico Central mexicano y en Centro América. Con los datos obtenidos hasta el momento y los dispositivos WEC existentes, se podrían extraer 25kW/m en la zona de Baja California y alrededor de 13kW/m en la zona costera del Pacífico Sur mexicano. Para conseguir un futuro sostenible y limpio se ha de apostar por este tipo de fuentes renovables.

OCE-30 CARTEL

VARIABILIDAD DE LA ESTRATIFICACIÓN DE LA CAPA DE MEZCLA EN EL SUR DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 2 MILENIOS

Vallejo Espinosa Gerardo, Herguera Juan Carlos y Abella-Gutiérrez Jose Luis
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 ger_vec@hotmail.com

La estratificación de la capa de mezcla es controlada por la radiación solar y los procesos turbulentos de mezcla de la capa superior del océano. El espesor de la capa de mezcla está vinculado con el contenido de calor del océano a través de la interacción entre la superficie del mar y los procesos atmosféricos, los cuales influyen en la productividad de los ecosistemas pelágicos y costeros. La estratificación del Sistema de la Corriente de California (SCC); que al ser un sistema de surgencias de frontera oriental, es alterada por distintos mecanismos, los cuales oscilan en diferentes escalas temporales y espaciales. En periodos interanuales e interdecadales, los sistemas acoplados atmósfera-océano, como El Niño-Oscilación Sur (ENOS) y Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), controlan la variabilidad de baja frecuencia del SCC. Durante los eventos de La Niña, la estratificación de la capa de mezcla es reducida por la intensificación de los vientos alisios; que aumenta el transporte de Ekman, y la invasión de las aguas frías del subártico. Mientras que en episodios de El Niño, la estratificación de la columna de agua se incrementa debido al debilitamiento de los vientos alisios y la intrusión de aguas tropicales y subtropicales. El objetivo de este trabajo es reconstruir la estratificación de la capa de mezcla en la región meridional del SCC que permitirá una mejor comprensión de la variabilidad natural más allá del registro instrumental. La Cuenca de San Lazaro (CSL) es una cuenca semi-cerrada ubicada en el Golfo de Ulloa, frente a la península de Baja California (25 ° 10' N, 112 ° 24' W). Su localización, en la frontera dinámica entre el SCC y la región subtropical, es altamente sensible a los cambios en la oceanografía de ambas regiones desde escalas interanuales a centenarias. La circulación restringida en la cuenca y la alta producción biológica que es exportada al fondo marino mantienen condiciones subóxicas en la cuenca, lo que junto con la alta tasa de sedimentación (1 mm/año) permite una excelente preservación de los sedimentos laminados en el fondo marino. Para caracterizar la variabilidad de la capa de mezcla durante los últimos 1800 años, se muestrearon cinco núcleos continuamente a intervalos de 2-5 mm a partir de los cuales se extrajeron las testas de foraminíferos planctónicos para análisis de isótopos estables de oxígeno ($\delta^{18}O$). Se utilizaron los $\delta^{18}O$ de 2 especies de foraminíferos planctónicos, los cuales calcifican sus testas en diferentes nichos dentro de la columna de agua (Globigerinoides ruber y Neoglobobulimina dutertrei) para generar un modelo de estratificación de la columna de agua. La reconstrucción en la cuenca de tiempo del modelo de estratificación fue validada utilizando registros instrumentales del PDO encontrando una correlación significativa, además la serie temporal de la estratificación de densidad presenta periodos decadales hasta centenares estadísticamente significativos, que se comparten con otras reconstrucciones del Océano Pacífico oriental.

OCE-31 CARTEL

TURBULENCIA BIDIMENSIONAL EN UNA CUENCA OCEÁNICA CON TOPOGRAFÍA

Venegas Vega Flor Karyna y Zavala Sansón Luis
 CICESE
 fvenegas@cicese.edu.mx

En este trabajo se analiza numéricamente la circulación oceánica de gran escala forzada por el viento en una cuenca cerrada con topografía. Este problema ha sido ampliamente estudiado cuando la cuenca tiene el fondo plano (modelo de Stommel). En dicha formulación se considera el balance en la ecuación de vorticidad entre el efecto beta, el forzamiento del viento y un término de fricción lineal asociado con el fondo. Como resultado se obtiene una circulación anticiclónica estacionaria que se intensifica en la frontera oeste. Sin embargo, cuando la topografía es variable (por ejemplo, una cuenca en forma de paraboloide) esta configuración puede ser modificada drásticamente. En efecto, de acuerdo con estudios recientes sobre turbulencia bidimensional, el estado de equilibrio en ausencia de forzamientos externos (libre decaimiento) en una cuenca con esta topografía es el de una circulación ciclónica con agua somera a la derecha (cuando el parámetro de Coriolis es positivo). El objetivo de nuestras simulaciones numéricas es analizar la circulación inducida por el viento que resulta debido a la forma de la topografía, y determinar si la circulación anticiclónica tipo Stommel persiste o la cuenca paraboloide la inhibe o incluso la revierte. Entre los resultados principales se encuentra la formación del giro anticiclónico, el cual se desplaza hacia el sur hasta alcanzar un estado estacionario. Esta configuración no ha sido registrada en estudios anteriores. Los resultados están orientados a examinar la generación y persistencia del flujo en relación con la forma de la cuenca oceánica y distintos patrones de forzamiento del viento (invertido, periódico, con relajación).

OCE-32 CARTEL

OBSERVACIONES SATELITALES DE CLOROFILA SUPERFICIAL Y TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

González Rodríguez Eduardo¹, Aguirre Fernando², Trasviña Castro Armando¹, Lara Lara Rubén¹ y Romero Badillo Eleonora¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE Unidad La Paz
²CICIMAR-IPN
³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
⁴UABCS
 egonzalez@cicese.mx

Se hace un análisis estadístico de la clorofila superficial y de la temperatura superficial del mar a partir de datos de percepción remota con la intención de ver si existen diferencias de comportamiento entre las regiones Perdido y Coatzacoalcos en el Golfo de México. Para ello se utilizaron los datos de percepción remota de nivel 4 (sin nubes) de los programas COPERNICUS (1997 a la fecha) y GHRST (2002 a la fecha) con una resolución espacial de 4 y 1 km² respectivamente. A partir de estos datos se generaron imágenes con las climatologías diarias, mensuales y estacionales, desviación estándar, máximos y mínimos. Adicionalmente se generaron imágenes con las anomalías mensuales para los años 2014 a 2016. Con la intención de ver las variaciones a lo largo del tiempo se generaron series de tiempo de las regiones Perdido y Coatzacoalcos. Los resultados de la imagen climatológica de clorofila superficial muestra que las zonas costeras, especialmente las de Estados Unidos presentan los valores mas altos de clorofila con un promedio de 4 mg m³. La imagen de máximos indica que toda la zona costera presenta valores por encima de los 16 mg m³. Los valores mínimos son prácticamente cero en toda la zona. Los valores climatológicos de temperatura se ubican entre los 10 y los 35 °C, los valores mínimos se ubican en las zonas costeras y los máximos en el centro del golfo. Como se esperaba, las desviaciones estándar, tanto de clorofila como de temperatura se presentan en la zona costera. Respecto a las series de tiempo, éstas muestran un comportamiento estacional bien definido para la temperatura, tanto en Perdido como en Coatzacoalcos, aunque los valores mínimos son mas bajos en Perdido con respecto a Coatzacoalcos por un orden de hasta 3 °C. Por otro lado la serie la clorofila de Perdido tiene un patrón estacional más claro que Coatzacoalcos, que a su vez presenta más variación y también valores mayores a 0.5 mg m³ de forma más constante a lo largo del periodo. Ambas zonas presentan anomalías positivas a partir de 2016 y hasta la fecha, situación que se refleja en las anomalías negativas por parte de la clorofila. Para complementar el estudio, se analizarán la frecuencia e impacto de los huracanes en las regiones Perdido y Coatzacoalcos. Palabras clave: Percepción remota, COPERNICUS, GHRST, climatologías, series de tiempo, anomalías

OCE-33 CARTEL

FOTOBIOLOGÍA DEL FITOPLANCTON PSICRÓFILO "SNOW ALGAE" CAUSANTE DE LA NIEVE COLOREADA ISLA TRINITY, ANTÁRTIDA (ENERO, 2019)

Mercado-Santana José Alfredo¹, Santamaria del Angel Eduardo¹, Cañón-Paez Mary Luz², Millán-Núñez Roberto³, González-Silvera Adriana¹, Betancur-Turizo Stella¹, Gracia-Escobar Fernanda¹ y Salom-Barros Jhon²
¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC
²Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe
 alfredojams@gmail.com

Categoría: Cartel En la Antártida, las proliferaciones masivas de fitoplancton psicrófilo (extremófilo) causa fenómenos que colorean la nieve del continente de verde, naranja o roja. Esto ocurre durante el verano austral, cuando la nieve comienza a derretirse y la radiación solar es más intensa. Durante la 3ra expedición Antártica colombiana (<http://www.programaantartico colombiano.armada.mil.co>) se realizó un recorrido de reconocimiento de las inmediaciones de la bahía Mikkelson de la isla Trinity en el estrecho de Gerlache (64.32°S, 62.93°O) en la cual, se recolectaron 3 muestras de hielo color rosa y verde (M1, M2 y M3 respectivamente), con el objetivo de identificar las especies causantes de dichos fenómenos y su capacidad fotosintéticas. Las muestras fueron sometidas a oscuridad y transportadas al laboratorio del buque donde se aclimataron de 5 a 10 °C durante 1 hora. En cada muestra se tomaron alícuotas para análisis de nutrientes inorgánicos, pigmentos con HPLC, coeficientes de absorción, identificación por microscopia y curvas de tasa de transferencia de electrones (rETR-E) por Phyto-PAM. La microscopia reveló que la M2 estaba dominada por Oscillatoria sp. (División: Cyanophyceae) y en escasa proporción diatomeas pennadas Nitzschia sp. y Navicula sp. (División: Bacillariophyceae), mientras que, la M1 presentó dominancia de Chlamydomonas sp. y Chloromonas sp. (División: Chlorophyta) La razón pigmentos fotosintéticos/fotoprotectores en las dos muestras varió de 0.17 a 0.59, lo que indica que las células se encontraban en un estado de fotoprotección debido al exceso de luz, lo que se comprobó con las curvas normalizadas (máximo de Chl a) de los espectros de absorción, donde se precia la presencia de pigmentos fotoprotectores en ambas muestras. Las curvas rETR-E mostraron tendencias de fotoinhibición. El parámetro fotosintético ETRmax fue mayor en la M2 (66 ± 0.25 µE m⁻² s⁻¹) que en M1 (45 ± 0.875 µE m⁻² s⁻¹), mientras que el parámetro de saturación a la luz fue casi del doble en M2 que en M1 (651 ± 0.425, 382 ± 0.025 µE m⁻² s⁻¹,

respectivamente). No hubo diferencias significativas en el número de asimilación en el óptimo de luz #rETR. Por su parte, la razón Blue/Red de la M1, indicó dominancia del microfitoplancton con un valor de 3.3, mientras que en M2 fue del picofitoplancton (valores entre 1.7 y 2.2). La interacción entre la nieve y el fitoplancton psicrófilo en verano, son condiciones importantes para futuras aplicaciones en la ecología antártica.

OCE-34 CARTEL

EFFECTO DEL VIENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA A FINALES DE LA PRIMAVERA EN LA REGIÓN SUR DE BAHÍA DE LA PAZ

Reyes Galvez Cesar Alejandro¹, Aguirre Fernando¹, Jiménez Futema Sonia¹, López López Silverio¹, Funes Rodríguez Rene¹, González Rodríguez Eduardo², Lara Lara Rubén², Pérez Burguez Mara Yavari³ y Maffey Silvia⁴

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

³Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

⁴Centro de Estudios Científicos y tecnológicos Miguel Bernard del Instituto Politécnico Nacional regace.17@gmail.com

Bahía de La Paz, es el cuerpo de agua más grande del Golfo de California, presenta una estacionalidad y variabilidad interanual marcadas. Estudios puntuales sobre este aspecto incluyendo el análisis de datos satelitales históricos muestran dos periodos de alta producción, uno de ellos en diciembre-enero asociado a la turbulencia generada por vientos intensos del NW. Mientras que los procesos que dan lugar al pulso de mayo-junio no han sido documentados plenamente. El presente trabajo se enfoca en determinar las consecuencias del viento sobre la Producción Primaria (PP) de la Bahía de La Paz durante junio (incluyendo una semana previa y posterior a éste) de 2016 y 2017. La estructura física de la columna de agua se determinó en una red de nueve estaciones y la estructura química se determinó en una de las estaciones mas profundas (24.307° N y 110.509° W). Los muestreos se realizaron con resolución semanal utilizando un CTD multisensores (Seabird 19 plus V2) y un arreglo de seis termistores de alta resolución (24 datos/día) a diferentes profundidades. Los análisis de nutrientes inorgánicos disueltos, clorofila a (C_{la}) y material particulado suspendido se obtuvieron de las muestras de agua recolectadas en diferentes niveles (1, 10, 20, 30, 40 y 50 m profundidad). Los resultados indican que durante junio, la isoterma de los 18° C se eleva hasta 10 m de profundidad y en los termistores se registra un enfriamiento (22 a 19° C) que persiste durante dos semanas. En coincidencia con ello, se registró un incremento en el valor promedio de los nitratos (22 ug-at/L; D. Estd.=21), que resulta ser hasta de 2.5 veces mayor, con respecto a mayo. Por su parte, los valores de la clorofila integrada presentan alta variación durante 2016 (2.2 - 5.3 mg/m²), no obstante, son muy similares en junio de 2016 y 2017 (Dif <10%). Contrario a lo esperado, las anomalías de TSM y clorofila (sensores remotos) presentaron una tendencia inversa en los últimos años, esto es, en aguas más cálidas la producción primaria está asociada a un decrecimiento de la PP, y que al parecer pudiera ser resultado de un evento de mesoescala.

OCE-35 CARTEL

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA, DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Shirasago Germán Bernardo¹ y Gaviño Rodríguez Juan Heberto²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

²Instituto Oceanográfico, Universidad de Colima mniebla@ipn.mx

Para determinar las características oceanográficas durante la anomalía de la Niña en Bahía de La Paz, se analiza datos de CTD de septiembre de 2010 (Niña fuerte), marzo de 2011 (Niña fuerte), diciembre de 2016 (Niña moderada) y se comparan con condiciones normales de estos periodos de muestreos. Se encontraron importantes variaciones en la estructura oceanográfica, en espacio y tiempo. En septiembre no se encontró una capa de mezcla, con una temperatura superficial promedio de 28.75 °C, una termoclina muy escarpada desde la superficie hasta los 200 m, con toda la columna de agua muy estratificada, con un gradiente de 0.15 °Cm⁻¹ en los primeros 50 m. La salinidad no presenta una haloclina, con una salinidad superficial promedio de 35.27 gkg⁻¹, con un máximo subsuperficial a los 10 m y un mínimo subsuperficial a los 40 m de profundidad, con un gradiente débil de 3 x 10⁻³ gkg⁻¹m⁻¹ en los primeros 50 m. Para marzo se registró una temperatura superficial promedio de 20.88 °C, con una termoclina débil con un gradiente de 0.08 °C m⁻¹ en los primeros 50 m. La salinidad presentó una haloclina desde la superficie hasta los 100 m de profundidad con un gradiente de 9 x 10⁻³ gkg⁻¹m⁻¹ en los primeros 50 m, con una salinidad promedio superficial de 35.65 gkg⁻¹. En diciembre se registró una capa de mezcla de 24 m de profundidad, con una temperatura superficial promedio de 24.40 °C, con un gradiente de 0.10 °Cm⁻¹ en los 50 m de profundidad después de la capa de mezcla. La salinidad presentó una capa de mezcla de 30 m con una haloclina hasta los 100 m de profundidad con un gradiente de 5 x 10⁻³ gkg⁻¹m⁻¹, entre el fondo de la capa de mezcla y los 100 m de profundidad. El intercambio de agua con el Golfo de California estuvo dominado por el Agua del Golfo de California en la capa superficial, mientras que en la parte profunda se halló en todos los cruces Agua Subsuperficial Subtropical. Se pudo apreciar que el impacto del fenómeno de

La Niña en la bahía, incrementó la salinidad y por ende aumentó la presencia de Agua del Golfo de California, en relación a condiciones oceanográficas normales.

OCE-36 CARTEL

INTERCAMBIO DE AGUAS ENTRE LAS ZONA SOMERA Y PROFUNDA FRENTE A LAS COSTAS DE TEXAS

Andrade-Canto Fernando¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos², García Nava Héctor¹ y Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia¹

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

²CICESE

andcanfer@gmail.com

La circulación en la plataforma del Noroeste del Golfo de México está dividida en dos regímenes, el interior o zona somera, con profundidades menores a 50 metros y el exterior o zona profunda, con profundidades mayores a 50 metros. Estos dos regímenes parecen estar marcados por la baja interacción entre ambas zonas. Sin embargo, se ha observado que durante el verano las inestabilidades baroclinicas asociadas al frente de la pluma del río Mississippi dan lugar a remolinos que abarcan toda la plataforma. Estos remolinos advectan agua fresca hacia el borde de la plataforma y arrastran agua más densa hacia la costa. En este trabajo se analiza el efecto de la descarga de los ríos en la circulación de la plataforma de Texas y Tamaulipas. Para ello se comparan simulaciones de la circulación de la zona realizadas con el modelo ROMS incluyendo ríos y sin la inclusión de ríos. Las salidas se validan con datos de anclajes presentes en la zona. Se utilizan trazadores sintéticos para evaluar y cuantificar la interacción entre estas dos zonas y para determinar la importancia de los ríos en esta región.

OCE-37 CARTEL

SIMULACIÓN DE REMOLINOS ANTICICLÓNICOS DESPRENDIDOS DE LA CORRIENTE DE LAZO EN EL GOLFO DE MÉXICO UTILIZANDO EL MODELO GLOBAL FESOM

Bracamontes Ramírez Joel y Martínez López Benjamín

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

joelbra.92@gmail.com

La variabilidad de la formación y la evolución temporal de los remolinos anticiclónicos (RA) desprendidos de la Corriente de Lazo (CL) en el Golfo de México (GM) ha sido estudiada con distintos tipos de modelos oceánicos de área limitada en escala regional. Este tipo de modelos, sin embargo, implica problemas asociados a la especificación de las condiciones laterales de frontera por lo que es deseable utilizar modelos globales ya que éstos, además, permiten la interacción de diversas escalas espaciales que pueden afectar el proceso de desprendimiento de los RA de la CL. En general, la resolución espacial de los modelos globales en uso (50 km o mayor) es insuficiente para reproducir los RA en el GM. El modelo de elemento finito, alta resolución y malla no estructurada FESOM (Finite Element Sea-Ice Ocean Model, por sus siglas en inglés), permite resolver la hidrodinámica del GM con una resolución espacial de 10 km, o mayor, en el marco de una simulación global eliminando, por lo tanto, cualquier problema asociado a la especificación de las fronteras abiertas. En este trabajo se analiza el proceso de separación de los RA desprendidos de la Corriente de Lazo (CL), utilizando datos de altura del nivel del mar del modelo FESOM cubriendo el periodo 1980-2007. En total, se separaron 42 remolinos de la CL, con un promedio de 8.2 meses entre desprendimiento y una desviación estándar de ± 2.5 . La distribución de frecuencias fue bimodal, en donde los desprendimientos de 7 y 10 meses fueron los de mayor frecuencia. Se observó además que FESOM simuló distintos modos de desprendimiento de los RA de la CL que incluyen, por ejemplo, la interacción de ciclones que estrangulan la CL por el norte, por el sur, o ambos, generando así los RA; así como un modo en el cual el RA se desprendió de la CL después de que ésta quedó muy elongada hacia el norte.

OCE-38 CARTEL

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE UN SISTEMA MAREMOTÉRMICO EN COSTAS DE TUXPAN VERACRUZ Y CHACAHUA OAXACA

Mata Saavedra Dante y Mendoza Maravillas Alejandro

Instituto Politécnico Nacional, IPN

alcondante@hotmail.com

En el año de 1881 el inventor Arsène D' Arsonval presenta por primera vez la idea de una central mareomotérmica la cual pretende aprovechar la energía térmica del océano como foco caliente, donde el agua superficial de los mares tropicales que oscilan entre los 24 °C y los 30°C, para vaporizar amoníaco presurizado a través de un intercambiador de calor y utilizar el vapor resultante para accionar una turbina acoplada a un generador. El agua fría del océano transportado a la superficie desde 800 a 1.000 m de profundidad, con temperaturas de entre 4 °C y 8 °C, sería el foco térmico frío, y condensaría el vapor de amoníaco a través de otro intercambiador de calor, resultando así un ciclo Rankine normal. El 22 de noviembre de 1926 el ingeniero francés Georges Claude presentó a la Academia de

Ciencias de París un modelo a escala que demostraba la posibilidad de aprovechar prácticamente esta energía. El agua superficial se introducía continuamente en una cámara cerrada en la que se había practicado un vacío suficiente para llevar el agua a la ebullición; el vapor producido se llevaba a una turbina y condensaba cuando entraba en contacto con la pared refrigerada con el agua de las profundidades, aspirada mediante una conducción. La corriente de vapor que continuamente se formaba accionaba a la turbina conectada a un generador, produciendo así energía eléctrica. Utilizando las bases termodinámicas del ciclo de Rankine se propone utilizar la propia agua de mar como un fluido termodinámico, el agua caliente del mar entra en un evaporador donde es súbitamente evaporada, de forma similar a lo que ocurre en un proceso de evaporación de ciclo abierto. El calor del vapor obtenido se utiliza para vaporizar como fluido de trabajo, de bajo punto de ebullición, que circula en un ciclo cerrado. El fluido vaporizado acciona una turbina y después se condensa dentro del intercambiador de calor proporcionando agua desalinizada, dulce, que puede ser utilizada para consumo humano. Estudios realizados para el diseño de este tipo de turbinas han llevado a la conclusión de que se puede generar 100 MW. Nuestra investigación se centra en el análisis de las diversas temperaturas registradas en diferentes periodos del año, tomando como lugares de investigación las costas de Tuxpan Veracruz y Chacahua Oaxaca.

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizador:

Eduardo Jiménez Hidalgo

PALEO-1

BRAQUIÓPODOS DEL CÁMBRICO SUPERIOR Y CONODONTOS DEL ORDOVÍCIO INFERIOR DE ARIVECHI, SONORA, MÉXICO

Reyes Montoya Dulce Raquel¹, Palafox-Reyes Juan J.¹, Navas-Parejo Pilar² y Palafox Duarte Jesús G.¹

¹Universidad de Sonora, UNISON

²Instituto de Geología, ERNO-UNAM
dulcereyesm@hotmail.com

Se describen braquiópodos inarticulados y conodontos de las formaciones del Cámbrico-Ordovícico ubicadas en el oeste de Arivechi, Sonora, México. Los braquiópodos *Lingulella* sp., *Linnarssonina* sp., *Quadrisonia* sp. y *Angulotreta triangularis* son representativos de la Zona de *Aphelaspis* del Cámbrico superior, este material procede de la Formación la Huerta constituida principalmente de intercalaciones de caliza con lutita. Asociado con estos braquiópodos se presentan cefalópodos, trilobites y equinodermos. Los conodontos *Rossodus manitouensis*, *Scolopodus subrex*, *Drepanodus arcuatus*, *Drepanodus* sp., *Acodus* sp. son indicativos de la Zona de *Rossodus manitouensis* hasta la Zona de *Macerodus dianae* del Ordovícico inferior. El material procede de la parte superior de la Formación el Santísimo. Asociado a los conodontos se encuentran ostrácodos y equinodermos. El contenido biótico de estas formaciones permite correlacionarlas con las faunas del suroeste de Estados Unidos.

PALEO-2

AMBIENTES SEMI-ÁRIDOS Y SU FAUNA ASOCIADA EN LOCALIDADES DEL PLEISTOCENO TARDÍO EN EL NOROESTE DE OAXACA, MÉXICO

Guerrero-Arenas Rosalía¹, Jiménez-Hidalgo Eduardo¹, Israde-Alcántara Isabel¹, Villegas-Chapa Andrea² y García-Barrera Pedro³

¹Universidad del Mar, UMAR

²Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, UMSNH

⁴Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
rosaliaga@zicatel.umar.mx

Los ambientes de depósito continentales del Pleistoceno tardío en el sur de México, en comparación con los del norte y el centro del país, no han sido analizados debido a la falta de estudios en las diversas localidades pleistocénicas existentes. Al noroeste de Oaxaca, en la Mixteca Alta, particularmente en el municipio de San Antonio Acutla, afloran diversas secuencias fluviales con capas de tal edad geológica. Estratigráficamente, la litología está constituida por una sucesión de dos a cuatro metros de estratos delgados de arenas finas a limos arcillosos, con estructuras primarias presentes. Aparecen interstratificados escasos niveles de conglomerados polimícticos. El sistema fluvial y fluvioacustre está cubierto por paleosuelos de más de cinco metros. El medio sedimentario fluvial indica drenajes perennes con baja energía con algunos incrementos en la precipitación. Resaltan las secuencias arcillosas ricas en vermiculita y montmorillonita en la que se recolectaron moluscos dulceacuícolas de ambientes cenagosos. En estos estratos, cuya edad abarca desde 44510 Cal BP hasta 29765 Cal BP, se han recolectado diversos ejemplares de vertebrados e invertebrados. La fauna fósil identificada se compone de reptiles (*Sceloporus* sp.); megafauna (*Tapirus haysii*, *Odocoileus virginianus*, *Nothrotheriops shastensis*, *Equus mexicanus*, *E. conversidens*, *Bison antiquus*, *Cuvieronius hyodon*, *Mammuthus columbi* y *Glyptotherium cylindricum*); mamíferos medianos (*Sylvilagus floridanus*); mamíferos pequeños (*Reithrodontomys* cf. *megalotis*, *Peromyscus difficilis* y *Microtus mexicanus*); gasterópodos terrestres (*Mesomphix* sp., *Polygyra coloni*, *Helicina* sp., *Coelocentrum* sp. y *Succineidae* indet.); gasterópodos dulceacuícolas (*Gyraulus parvus* y *Physidae* indet.) y bivalvos dulceacuícolas (*Pisidium amnicum* y *Pisidium* sp.). Dicha fauna sugiere que la vegetación era heterogénea, compuesta por pastizales, bosques de coníferas y matorrales. Esta comunidad es la más antigua para las localidades del Rancholabreano en el sur de México, y constituye uno de los primeros registros para entender la historia climática de esta zona del país a finales del Pleistoceno tardío.

PALEO-3

MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN CRICÉTIDOS FÓSILES DEL PLIOCENO DEL CENTRO DE MÉXICO: UN MÉTODO QUE PERMITE ESTUDIAR SU DIVERSIFICACIÓN

Pacheco-Castro Adolfo y Carranza y Castañeda Oscar
Centro de Geociencias, UNAM
apacheco@geociencias.unam.mx

Existen varios métodos para estudiar la variabilidad de formas en los vertebrados, algunos de los más importantes están comprendidos en la morfometría geométrica. Este enfoque permite un mejor estudio de la diversidad morfológica entre individuos, especies, géneros o niveles taxonómicos superiores. Utilizando estos modelos numéricos los paleontólogos y neontólogos sustentan o rechazan hipótesis sobre el desarrollo ontogenético, el dimorfismo sexual, procesos de especiación y las presiones ecológicas presentes en la evolución de un grupo. Los roedores son

los mamíferos más diversos del planeta, su variación morfológica complica su estudio mediante técnicas de morfometría clásica, sobre todo cuando el material fósil corresponde a elementos molariformes aislados. Por ejemplo, en la designación de especies en *Cricetidae* se utiliza la forma y posición de las cúspides en la corona del molar, pero pocas veces se considera si esta variación es producto del desgaste o de la variación fenotípica en la muestra poblacional; las comparaciones generalmente son cualitativas y raramente tienen sustentos estadísticos. Incluso los límites morfométricos entre especies pueden superarse o ser difusos ya que se establecen con las medidas: longitud antero-posterior y la distancia máxima labial-lingual del molar uno. Por este motivo las comparaciones cualitativas y morfométricas en grupos muy diversos como los roedores cricétidos no son precisas para describir su variación morfológica y difícilmente permiten proponer las variables ambientales o biológicas que afectan la forma. En este estudio se analizan dos modelos de morfometría geométrica en seis géneros de cricétidos fósiles del Plioceno (*Henfiliano* tardío-Rancholabreano [5 Ma- 250 mil años]) de México: *Calomys*, *Copemys*, *Postcopemys*, *Prosigmodon*, *Sigmodon* y *Neotoma*. Los fósiles utilizados se encuentran en la Colección de Paleontología del Centro de Geociencias y la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM. Se utilizaron imágenes de los molares superior uno y molar inferior uno de 31 individuos, incluidos holotipos y paratipos. En el modelo 1 se consideraron 17 estructuras homólogas de la superficie oclusal del molar (landmarks). En el modelo 2 se consideraron 2 landmarks y 28 semilandmarks ue reconstruían el margen oclusal del molar, evitando la variación por el desgaste según Macholán (2006) y Kimura et al. (2013). El análisis de "Componentes Principales" del modelo uno fue negativo, mientras que el mismo análisis para el modelo dos propone que el 75% de la variación de la forma es explicada por tres "componentes principales", por lo que es más útil el uso del contorno del molar con respecto a la forma de las cúspides. El análisis permite identificar las diferencias morfológicas que existen entre los géneros *Calomys*, *Copemys*, *Postcopemys* y *Prosigmodon*. El modelo separa los géneros *Prosigmodon* y *Sigmodon*, que algunos autores consideran estar en sinonimia por su similitud morfológica. Además *Prosigmodon* del centro de México presenta una mayor diversidad morfológica con respecto a otros géneros relacionados, por lo que se discute su importancia en la colonización de diversos ambientes del Plioceno en el centro de México y su posible radiación durante el Gran Intercambio de Biotas entre las Américas (GABI). Proyecto PAPIIT IN102817.

PALEO-4

PROPUESTA DE UN MORFOESPACIO TEÓRICO PARA AMMONOIDEOS PLANIESPIRALES

Contreras-Figueroa Gabriela¹, Aragón Vera José Luis², Villaseñor-Martínez Ana Bertha³ y Aguirre Delgado Carmen²

¹Instituto de Geología, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

gabrielacf@geociencias.unam.mx

El estudio de la forma de los organismos es fundamental en paleontología debido a que generalmente es la única evidencia tanto para identificar un organismo como para inferir su comportamiento, ecología y el ambiente donde habitaba. El estudio morfológico ha sido abordado desde dos líneas de investigación independientes, los avances en morfometría por un lado y el modelado teórico por el otro. Un morfoespacio teórico es un hiperespacio de n dimensiones producido por la variación sistemática de los n parámetros de un modelo matemático, generando así todas las variantes geométricamente posibles de una forma dada. En 1967 David Raup, interesado en la forma de la concha de ammonoideos planiespirales desarrolló el primer morfoespacio teórico que se conoce. El modelo geométrico que utilizó asume que la forma de los ammonoideos se puede describir con dos espirales logarítmicas. La primera define la espiral del borde externo de la concha (región ventral) caracterizada por un parámetro W (radio de expansión de vuelta); la segunda espiral delimita el borde interno de la concha (región dorsal) y corresponde a un sencillo reescalamiento de la espiral externa por un factor D (distancia del eje de enrollamiento a la abertura). La simplicidad del modelo de Raup se refleja en su amplio uso en estudios morfológicos y evolutivos en ammonoideos. Sin embargo, dicho morfoespacio no es capaz de detectar cambios en la forma de la concha durante el desarrollo ontogenético, puesto que la función de la espiral interna y externa varían únicamente en la escala. Este trabajo propone el diseño de un nuevo morfoespacio capaz de detectar el crecimiento alométrico en ammonoideos mediante la caracterización de la espiral interna (dorsal) y externa (ventral) de manera independiente. El modelo teórico del morfoespacio asume que las espirales de la concha de ammonites planiespirales son espirales logarítmicas: $r=ae^{b\theta}$, donde r es el radio que describe la espiral, θ es el ángulo formado respecto al eje- x , y a y b son constantes arbitrarias. En el modelo propuesto, consideramos que el parámetro b es el factor más importante para describir la forma de la espiral, por lo que la metodología está enfocada en obtener dicho parámetro tanto para la espiral interna como la externa de la concha. Con la modelación de ambas espirales se obtuvo un morfoespacio que genera todas las formas posibles de conchas planiespirales, mediante la variación sistemática del parámetro b de la espiral interna y la variación del parámetro b de la espiral externa. Finalmente se muestran algunos ejemplos de la caracterización de la concha de ammonites fósiles del Jurásico de México haciendo uso del modelo presentado. El morfoespacio propuesto permite caracterizar de forma más precisa el crecimiento de la concha y permite visualizar la involución del ammonite mediante la simulación de las espirales. Se espera que un acercamiento más real a la forma de la concha en ammonoideos permitirá realizar

nuevos estudios para reconocer la dinámica funcional y evolutiva de la forma de estos organismos.

PALEO-5

BRAQUIÓPODOS ATÍRIDOS Y RINCONÉLIDOS DEL PÉRMICO (KUNGURIANO) DE LA FORMACIÓN PASO HONDO, SURESTE DE CHIAPAS, MÉXICO

Heredia-Jiménez Daniela Paulina¹, Torres-Martínez Miguel Angel², Sour-Tovar Francisco³, Buitrón-Sánchez Blanca Estela² y Barragán Ricardo²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
heredia_pau@outlook.com

Se describen nueve especies de braquiópodos recolectados en afloramientos de la Formación Paso Hondo, al este del poblado de Monte Redondo, Municipio de Frontera Comalapa, Chiapas. La litología de esta unidad consiste principalmente de una sucesión de rocas calcáreas con intercalaciones de rocas sedimentarias clásticas. En este trabajo se reporta la presencia de *Composita* enormis, *C. hapsida*, *C. parasulcata* y *Composita* sp. del orden *Athyridida*, así como *Pontisia* sp., *Tautosia* sp., *Wellerella* sp., *Phrenophoria* sp. 1 y *Phrenophoria* sp. 2, del orden *Rhynchonellida*. Estos braquiópodos se hallaron con las valvas articuladas y sin signos de desgaste, asociados a otros grupos de invertebrados marinos, como corales, briozoos, *hederelloideos*, microcóquidos y otros braquiópodos. Las especies *Composita* enormis, *C. hapsida* y *C. parasulcata*, junto con los géneros *Tautosia* y *Phrenophoria* son considerados taxa típicos de Norteamérica que confirman una edad pérmica, del Cisuraliano tardío (Kunguriano) para la localidad estudiada. De acuerdo a las características sedimentológicas de las rocas portadoras y a la conservación de los fósiles se infiere que el ambiente donde se llevó a cabo el depósito de los ejemplares corresponde a una plataforma carbonatada somera de aguas abiertas, con energía de baja a media, alta productividad, buena luminosidad y un aporte constante de terrígenos. Los géneros *Phrenophoria* y *Tautosia* se reportan por primera vez para México.

PALEO-6

LOS GONFOTERIDOS DEL NEÓGENO TARDÍO DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Carranza y Castañeda Oscar
Centro de Geociencias, UNAM
carranza@geociencias.unam.mx

Los gonfoterios son el grupo de proboscidos menos conocido en México. Lo reportes que se conocen están fundamentados en molares aislados no son material diagnóstico, para determinar su posición taxonómica y la edad es debatible. En este trabajo se exponen los registros de gonfoterios de las cuencas sedimentarias del Neógeno tardío de México. Estos ejemplares contribuyen a conocer su distribución geográfica, correlación con las faunas del norte de México, Centroamérica y las grandes planicies de América del Norte. El buen estado de conservación, permite definir los caracteres de cada uno de los géneros y su comparación con descripciones de otras faunas. La cuenca de Juchipila, área de Cofradía, se colectó un paladar con M3-M2, un m2, i2 referidos a *Gomphotherium hondurensis*, especie solo descrita en el Henfiliano temprano de Honduras. Los molares son trilofodontes, el hemilofo con petritos muy simples, sin cúspides accesorias. Este es el primer registro de *Gomphotherium blicki* de México y fuera de las faunas de Centroamérica. La fauna asociada la edad radiométrica de 6.7 Ma determinan su edad al Henfiliano temprano. En la cuenca de Tecolotlán, se colectó el registro más joven de *Gomphotherium* en México; consiste de una mandíbula con i2 completos. La sínfisis es alargada e inclinada en ángulo de 35°, la rama horizontal recta, delgada, el ángulo del borde anterior del hasta mandibular en 135°, corroboran su asignación a *Gomphotherium* sp. La fauna asociada y la edad radiométrica de 4.89 Ma, confirman su edad al Henfiliano tardío. En Arroyo Belén de SMA, se colectó un cráneo y mandíbula referidos a *Rhynchotherium browni*. La inclinación de la región sínfisis en ángulo de 65°, rama horizontal robusta y profunda, con m2 y m3 trilofidos; el cráneo presenta el M3-M2 tetralofos con el talón desarrollado. La fauna asociada *Nannippus peninsulatus*, y *Glyptotherium texanum* además la edad radiométrica de 3.9 Ma, lo asignan al Blancano temprano, es el único que tiene edad y fauna asociada conocida. Este ejemplar permite definir los caracteres de *Rhynchotherium falconeri*, del Blancano temprano de Charo, Michoacán y el ejemplar de BCS, ambos referidos a la edad de Blancano temprano. En Rancho El Ocote (SMA), en el estrato Blanco referido a lo más tardío del Henfiliano tardío, 4.6 Ma, se colectó la mandíbula de *Stegomastodon*, la sínfisis esta reducida, sin colmillos, m2 trilofidos m3 tetralofido con petrites labiales. La edad se ha referido a lo más tardío del Henfiliano tardío, (Hh4), la edades radiométricas de 4.8 Ma, permite asignarlo como el registro más antiguo en México y Norteamérica. También en depósitos del Blancano temprano de SMA, se colectó una mandíbula de un adulto que solo presenta el M3. Su asociación con *Nannippus peninsulatus*, índice del Blancano Temprano, confirman esta edad. PAPIIT IN102817

PALEO-7

PRIMER REGISTRO DE HUELLAS DE CAMÉLIDOS EN EL PALEÓGENO DEL SUR DE MÉXICO

Jiménez-Hidalgo Eduardo y Guerrero-Arenas Rosalía
Laboratorio de Paleobiología, Universidad del Mar, UMAR
eduardojh@zicatel.umar.mx

En los estratos del Neógeno norteamericano existe un adecuado registro de huellas de camélidos, incluyendo a México; sin embargo, el registro del Paleógeno es mucho menos conocido. En este trabajo se describen las primeras huellas de camélidos del sur del país, procedentes de los alrededores de Tezoatlán de Segura y Luna, noroeste de Oaxaca, sur de México. Las impresiones de camellos están preservadas como epirelieves cóncavos en areniscas tobáceas del Eoceno tardío-Oligoceno temprano de la Formación Huajuapán. Las huellas se identificaron como *Lamaichnum guanicoe*, debido a los rasgos que presentan, los cuales incluyen huellas bidigitigradas con bordes anteriores acuminados y bordes posteriores redondeados, impresiones de dígitos que no convergen anteriormente e impresiones de dígitos conectadas. Los productores potenciales de las huellas incluyen a *Paratylopus*, *Paralabis* y *Pseudolabis*. La superficie axial cóncava y las impresiones de uñas de las huellas oaxaqueñas, indica que los productores compartían algunas características anatómicas podiales con los camellos actuales, lo cual sugiere que algunas características anatómicas del pie de los camellos recientes habían evolucionado ya en el Eoceno tardío-Oligoceno temprano. Proyecto Conacyt Ciencia Básica 2015, N° 255883.

PALEO-8

NUEVOS BRAQUIÓPODOS PÉRMICOS (ARTINSKIANO-KUNGURIANO) DE LA FORMACIÓN PASO HONDO, CHIAPAS, MÉXICO

Torres-Martínez Miguel Angel¹, Sour-Tovar Francisco² y Barragán Ricardo³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
miguelatm@geologia.unam.mx

En los alrededores de Chicomuselo, Chiapas, aflora una de las sucesiones paleozoicas más extensas de México. Dicha sucesión se compone de diferentes unidades litoestratigráficas del Carbonífero-Pérmico, siendo la Formación Paso Hondo del Artinskiano-Kunguriano (Cisuraliano tardío) la más joven. Se compone principalmente de rocas calcáreas muy fosilíferas, en donde se ha reportado la presencia de fusulinidos, algas, gasterópodos, ammonioideos, ostrácodos, briozoos, braquiópodos y crinoideos. De los braquiópodos, en este trabajo se describen dos especies nuevas del grupo, tal como *Dyoros* (*Lissosia*) maya y *Hustedia shumardi*, además de un género y especie nueva: *Kukulkanus spinosus*. *Dyoros* (*Lissosia*) maya y *Hustedia shumardi* se localizaron en calcarenitas pertenecientes a la sección Barrio Allende, a 700 m al norte del poblado de Allende, Municipio de Bella Vista, Chiapas. Por otro lado, *Kukulkanus spinosus* se recolectó en una localidad donde afloran rocas calizas de la Formación Paso Hondo, ubicada en el camino que une los poblados de Rinconada y Peña Bermeja, Municipio de Frontera Comalapa, Chiapas. El subgénero *Dyoros* (*Lissosia*) y la especie *Hustedia shumardi* (antes *Hustedia meekana*) se han reconocido como taxa típicos de Norteamérica, específicamente para el sur de los Estados Unidos (principalmente para Texas) y norte de México (Sonora y Coahuila). Esta afinidad de faunas de braquiópodos entre el norte de México y sur de los Estados Unidos con Chiapas se relaciona con la Paleoprovincia biótica Grandiana, sugiriendo que durante el Pérmico temprano pudo haber existido una conexión, un mar epicontinental somero, que unía ambas regiones. La descripción del género *Kukulkanus* contribuye al conocimiento de la biota de la paleoprovincia Grandiana para el Pérmico de México, la cual es reconocida por contener numerosos géneros de braquiópodos endémicos.

PALEO-9 CARTEL

NUEVOS REGISTROS DE CRINOIDEOS PÉRMICOS (ARTINSKIANO-KUNGURIANO) DE LA REGIÓN DE CHICOMUSELO, CHIAPAS

Jiménez-Juárez Cynthia Suhey¹, Torres-Martínez Miguel Angel² y Sour-Tovar Francisco³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
suheyjimenez217@gmail.com

La Formación Paso Hondo del Pérmico inferior aflora en los alrededores de la región de Chicomuselo, al sureste del estado de Chiapas. Esta unidad litoestratigráfica se compone principalmente de rocas calcáreas de edad Artinskiano-Kunguriana en las cuales se ha reportado la presencia de numerosos grupos fósiles como braquiópodos, foraminíferos, ostrácodos, briozoos, pelecípodos, gasterópodos, ammonioideos y algunos restos de plantas. En este trabajo se describen doce morfotipos de placas columnares de crinoideos halladas en calcarenita que se asignan a los parataxones *Preptopremnum*, *Cyclocaudiculus*, *Cyclomischus*, *Heterostelechus*, *Mooreantheris*, *Cyclocrista*, *Pentacauliscus*, *Nothrosterigma*, *Cyclocion*, *Lamprosterigma*, *Pentagonopternix* y *Cyclocaudex*. La presencia de

Cyclocrista y Heterostelechus en rocas de la Formación Paso Hondo corrobora una edad pérmica para los estratos portadores. Los ejemplares descritos en este trabajo se encontraron como placas principalmente desarticuladas en buen estado de preservación, sin una dirección aparente. Las características sedimentológicas de las rocas y la disposición de los crinoideos hacen referencia a un ambiente de depósito de rampa media de una plataforma carbonatada somera, de energía moderada, con buena luminosidad y un aporte constante de terrígenos. En este trabajo se reporta por primera vez la presencia de Cyclocaudiculus, Cyclomischus, Mooreanteris, Cyclocrista, Pentacauliscus, Nothrosterigma, Cyclocion, Lamprosterigma, Pentagonopternix y Cyclocaudex para el Pérmico de Chiapas.

PALEO-10 CARTEL

REGISTRO DE NANOFÓSILES CALCÁREOS EN LA SECUENCIA SEDIMENTARIA TERRÍGENA DE LA LOCALIDAD DE MIXQUIAPAN, PUEBLA

Luria Nayely, Hernández Oswaldo y Hernández Teófilo
Instituto Politécnico Nacional, IPN
luria.9021@gmail.com

La secuencia sedimentaria terrígena que aflora en la localidad de Mixquiapan, Puebla, ha sido correlacionada con formaciones de ambientes continentales, del Jurásico Medio, con base en el contenido de flora fósil, la cual, por su amplio rango estratigráfico, no ha permitido establecer con exactitud la edad de dicha secuencia; sin embargo, no se han realizado estudios más detallados que contribuyan a precisar la edad y corroborar las condiciones de depósito de la secuencia. En este trabajo, se mencionan algunas especies de nanofósiles calcáreos encontrados en muestras de sedimentos finos, las cuales, por sus características, han sido procesadas con una adaptación de la técnica del frotis arrojando resultados positivos; permitiendo identificar ejemplares de géneros como Watznaueria, Polycostella, Cyclagelosphaera, Lotharingius y Diazomatolithus. Con la presencia de nanofósiles calcáreos, se puede inferir influencia marina en el ambiente de depósito y, con algunas especies, es posible precisar la edad de la secuencia, contribuyendo al entendimiento geológico de la zona.

PALEO-11 CARTEL

FIRST RECORD OF THE OREODONT OREODONTOIDES (MAMMALIA: ARTIODACTYLA: MERYCIODONTIDAE) IN THE MEXICAN PALEOGENE

Jiménez-Hidalgo Eduardo¹, Lander Bruce² y Guerrero-Arenas Rosalía²
¹Laboratorio de Paleobiología, Universidad del Mar, UMAR
²Paleo Environmental Associates, Inc
eduardojh@zicatel.umar.mx

Oreodontid oreodonts existed during the Paleogene of Central and North America. Their fossil record extends from the latest Uintan to early late Hemphillian North American Land Mammal Ages or 41.4–6.9 Ma ago (middle Eocene-late Miocene). The oldest Mexican occurrences include the bathygenine Bathygenys reevesi and the miniochoerine Prodesmatochoerus dunagani from the latest Duchesnean Rancho Gaitan Local Fauna [LF] of Chihuahua. The correlative Little Egypt LF of Texas is 37.3–37.7 Ma old. The youngest records are referable to the ticholeptine Merychys. Those in the Suchilquitongo LF of Oaxaca represent a smaller-bodied form perhaps assignable to earliest Hemingfordian (early Miocene) M. arenarum. The assemblage lies 80 m above the Etla Tuff, which is 19.3–20.6 Ma old. The ones in the El Zoyatal LF of Aguascalientes might be referable to M. arenarum or late early Hemingfordian M. elegans. Recently recovered specimens from the Yolomécatl area northwest of Oaxaca represent the dominantly early Arikarean (late Oligocene), small-bodied phenacoeline Oreodontoides oregonensis. The specimens have comparatively brachyodont upper molars. The labial end of the postprotocrista on each of those teeth fuses with the premetaconulecrista near the latter crest's labial end, which is located near and directed at the mesostyle. The association of Oreodontoides, the hypertragulid Nanotragulus, and the geomyid Gregorymys indicates the Iniyoo LF is no older than Arikarean or 30.0 Ma in age. However, K-Ar radiometric age determinations of 32.9–35.7 Ma suggest a Chadronian to Orellan age for volcanic rocks overlying the fossil-bearing interval. Those determinations are incompatible with the faunal age assignment for the Iniyoo LF. Proyecto Conacyt Ciencia Básica 2015, N° 255883.

PALEO-12 CARTEL

ANÁLISIS DE MICROFACIES Y PALEOAMBIENTES DE DOS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS DEL PÉRMICO INFERIOR (LEONARDIANO) DEL ÁREA DE CHICOMUSELO, CHIAPAS

Cortés-Mendoza Yeimi Catalina¹, Torres-Martínez Miguel Angel² y Barragán Ricardo²
¹Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
²Instituto de Geología, UNAM
yimi_sag@hotmail.com

Aflorando en la región de Chicomuselo, Chiapas se encuentra una de las sucesiones de rocas paleozoicas más importantes de México; la cual está constituida por cuatro unidades litoestratigráficas del Carbonífero-Pérmico: Santa Rosa, Grupera, La Vainilla y Paso Hondo; esta última representa a la unidad más joven, con rocas que se han datado para finales del Pérmico inferior (Leonardiano). En el presente trabajo se estudiaron las asociaciones de facies registradas en las rocas carbonatadas de dos secciones estratigráficas pertenecientes a la Formación Paso Hondo; esto con la finalidad de establecer algunas de las condiciones de depósito y tipos de paleoambientes que se desarrollaron en la región a finales del Pérmico temprano. Para la sección Las Chicharras se detectaron cuatro asociaciones de facies diferentes, las cuales fueron relacionadas con ambientes de lagunas someras y zonas de aguas abiertas. Por otro lado, para la sección Cerro Ishcanal se identificaron siete asociaciones distintas, vinculadas con ambientes perimareales, lagunares, de bancos de arena y de aguas abiertas. La biota conservada y las texturas de las diferentes asociaciones permitieron relacionar a los paleoambientes de ambas secciones con la rampa interna de una plataforma carbonatada de tipo homoclinal. Las curvas paleobatómetricas obtenidas para ambas secciones mostraron variaciones en el ascenso y descenso del nivel del mar, lo que repercutió en la relativa diversificación de paleoambientes depositacionales en la región. Dada la escasez de publicaciones relacionadas con la fauna fósil y los paleoambientes de la Formación Paso Hondo, este trabajo contribuye con el conocimiento paleontológico y sedimentológico de la unidad, sirviendo como un referente para trabajos futuros.

PALEO-13 CARTEL

FACIES DE PLATAFORMA ABIERTA EN EL MARGEN OESTE DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Valdés Candanosa Argenis Jair, Cossío Dülmer Carolina, Cossío Dülmer Isabel, Aguilar Pérez Javier y Pichardo Barrón Yolanda
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
yayovaldes94@gmail.com

Este trabajo aborda el estudio sobre una secuencia carbonatada que aflora en la porción norte del margen oeste de la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSPL) y que se presume pertenece a la Formación El Abra con una edad del Albiano a Cenomaniano. Hasta el momento no se tiene documentación de este afloramiento en la región. El presente estudio se realizó en la localidad de Encarnación de Abajo en el municipio de Matehuala, S.L.P., donde se levantó una columna estratigráfica y posteriormente se realizó el análisis microfacial en láminas delgadas de las muestras obtenidas en campo que permitieron identificar que las rocas carbonatadas pertenecen a la Formación El Abra, al menos en esta región. El perfil levantado está compuesto por caliza mudstone, wackestone y grainstone con abundantes bioclastos como foraminíferos bentónicos (miliólidos) en los que destaca el género Nummoloculina sp., fragmentos de pelecípodos, además de otros granos no esqueléticos como peloides y cortoides que indican una facies somera, así como calciesferas, radiolarios y foraminíferos planctónicos asociados a facies profunda. De acuerdo a su contenido micropaleontológico, se determina que esta parte pertenece a una zona post-arrecifal de facies de plataforma interna con algunos intervalos de margen profundo. La PVSPL es reconocida como una de las más importantes estructuras paleogeográficas desarrollada en la porción norte-nororiental de México. La parte oriental de la PVSPL ha recibido la atención de investigadores desde hace muchos años siendo ampliamente estudiada, sin embargo, han sido pocos los trabajos en relación a las facies de plataforma y cuenca que corresponden al margen occidental de la plataforma.

PALEO-14 CARTEL

INVERTEBRADOS DE LA FORMACIÓN EL MOGALLÓN, ARIVECHI, SONORA, MÉXICO

Reyes Montoya Dulce Raquel, Palafox-Reyes Juan J., Cuen Romero Francisco J. y Palafox Duarte Jesús G.
Universidad de Sonora, UNISON
dulcereyesm@hotmail.com

La Formación El Mogallón es una secuencia compuesta de 110 metros dividida en cuatro unidades, la primera es una intercalación de caliza gris claro con lutita color naranja, ocasionalmente se presenta brechas intraformacional, los estratos contienen espículas de poríferos. La segunda unidad se compone de lutitas color rojo con espículas de poríferos, así como los braquiópodos Dictyonina sp., Acrothele concava, Acrothele sp. y los trilobites Ptychagnostus atavus y Ogygopsis typicalis. La tercera unidad se compone de limolita calcárea color naranja con bandas color

negro, con los poríferos: *Ratcliffespongia arivechensis*, *Valospongia sonorensis*, *?Choia carteri*, y *?Diagoniella cyathiformis*; también se encontraron los braquiópodos *Acrothele concava*, y *Linnarsonia* sp., los trilobites *Ptychagnostus atavus*, *Modocia typicalis* y *Ogygopsis typicalis*. Finalmente, la cuarta unidad está constituida por caliza color negro intercalada con lutitas color rojo con fósiles traza y espículas de poríferos, y el trilobite *Amecephalus arrosensis*. Esta asociación de fósiles permite ubicar esta formación en la Serie 3, Drumiano, Zona de *Ptychagnostus atavus*. Se describen por primera vez en Sonora el género *?Choia carteri*, y *?Diagoniella cyathiformis*. La fauna descrita nos permite correlacionar con las formaciones del Cámbrico del suroeste de Estados Unidos.

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizadores:

Oscar Frausto Martínez

David Novelo

Hugo Delgado

RN-1

COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA: EL CASO DEL MUNICIPIO DE LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR

Torres Ruiz Elías Gabriel y Muñoz Jáuregui Jesús Arturo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
 gabrielortorres1806@gmail.com

En la última década la evaluación de la susceptibilidad a procesos de remoción (PRM) en masa a través del método estadístico se convirtió en un tema importante para las instituciones científicas como una alternativa económica de bajo costo para grandes áreas de estudio. El problema al que actualmente se enfrentan las sociedades investigadoras es la gran cantidad de modelos estadísticos que se emplean en el estudio de la susceptibilidad a PRM. Existe la necesidad de depurar y proponer modelos con alto grado de confiabilidad en la zonificación de PRM. En este estudio se evaluaron y compararon mediante el uso de modelos de validación, mapas de susceptibilidad de PRM producidos con tres métodos estadísticos diferentes (SPATSMO-SL, Regresión logística y Red Neuronal Artificial). Se elaboró un inventario de PRM el cual fue dividido aleatoriamente en dos grupos 70% (654 PRM) para entrenamiento de los modelos y 30 % (280 PRM) para su respectiva validación. Para la modelación se eligieron 25 factores condicionantes como variables relacionadas a los PRM, la relación entre las distribuciones de PRM y las variables asociadas a ellos fueron analizados utilizando los tres métodos para posteriormente calcular la susceptibilidad de PRM del área de estudio. La exactitud, precisión y capacidad predictiva de los mapas de susceptibilidad de PRM final fueron evaluados sobre la base del 30% de PRM no empleados en el entrenamiento. La capacidad predictiva de cada modelo se determinó con el área bajo la curva ROC, la exactitud y precisión se determinaron mediante la matriz de confusión. Los trabajos realizados en nuestra zona de estudio identificaron la ubicación de 934 PRM, 16 movimientos traslacionales de derrubios, 8 flujos de roca y 910 flujos de derrubios. La curva ROC obtenida mediante los métodos SPATSMO-SL, regresión logística y red neuronal artificial fue de 0.854, 0.946, y 0.952 respectivamente. La exactitud y precisión obtenida en la matriz de confusión fue de 0.82, 0.83; 0.88, 0.89; 0.89 y 0.91 respectivamente. Finalmente, la comparación de la susceptibilidad generada por los tres métodos estadísticos coincide en que el modelo de red neural artificial garantiza mejores resultados en cuanto a su precisión (91 %), exactitud (89 %) y capacidad predictiva (95.2 %).

RN-2

CONCEPTUAL MODELS CONSTRUCTION FOR NUMERICAL MODELING OF SLOPE INSTABILITY ON THE CUITZEO REGION, MICHOACÁN

Ramírez Guzmán Ángel Andrés¹, Pola Villaseñor Antonio², Pacheco Valdovinos Pedro Martín³, Correa Gómez José Guadalupe⁴, Torres Velazquez Itzayana⁴ y Sereno Villaseñor Hugo Iván⁵

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

²Unidad de Petrofísica, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁴Licenciatura en Geociencias, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁵Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Latina de América
 angel_ra21@outlook.es

Slope failures on the Cuitzeo region has been triggered by the combination of different factors as earthquakes, pouring rain and even anthropogenic constructions (e.g. cuts and embankments, road traces) that affects the strength field on soft soils and rock masses with poor geomechanical characteristics. There is a lack of slope conceptual models that resemble real geomechanical properties of rock masses and the importance of laboratory tests has been minimized to. The aim of this study is to create conceptual models basis on data obtained by laboratory tests (e.g. uniaxial compression, tri-axial compression) and detailed fieldwork that include spatial and temporal location of every single rock unit, detailed description of rock matrix, fractures arrangements and their physical characteristics (e.g. thickness, roughness). Instabilities on the Cuitzeo region have been analyzed by a series of numerical models using the Plaxis 2D code. Preliminary numerical models show that geomechanical features of rock masses are the mainly factors that generate instabilities, in turn, they also highlight that accurately geomechanical studies should be performed and improved all along the region, principally along the southern shore of the Cuitzeo lake.

RN-3

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y MODELIZACIÓN NUMÉRICA DEL DESLIZAMIENTO DE MITLA, ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Milanes Miriam, Lacan Pierre, Capra Lucia, Carrera Hernandez Jaime, Levresse Gilles, Castillo Miguel, Muñoz Salinas Esperanza y Caballero Lizeth
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 miriam.meml@gmail.com

Los procesos de remoción en masa constituyen una amenaza significativa para las poblaciones expuestas a zonas de relieves elevados, como es el caso de una gran parte del territorio mexicano. Por este motivo, existe el interés de caracterizar los deslizamientos de grandes dimensiones para mejorar nuestro entendimiento acerca de la ocurrencia de estos eventos en el centro del país y las consecuencias que podrían generarse al no ser estudiados. El deslizamiento de Mitla se localiza al norte de la ciudad de Mitla (40 km al este de la ciudad de Oaxaca). Por las dimensiones y las unidades volcánicas que conforman el escarpe topográfico en el cual se generó, este deslizamiento es un buen análogo de lo que podría ocurrir en otras áreas del país como es el caso del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, una de las regiones de mayor población de nuestro país. La morfología del deslizamiento de Mitla se analizó a partir de un Modelo Superficial de alta resolución. Este análisis permitió caracterizar los rasgos morfológicos del deslizamiento de Mitla y calcular sus dimensiones. Para la estimación del volumen de roca desplazado durante el deslizamiento se realizó una reconstrucción del relieve topográfico antes del deslizamiento el cual se comparó con el relieve actual, los datos que resultan del presente proyecto se utilizaron para hacer una simulación numérica utilizando el programa Titan2D. La simulación numérica del deslizamiento es fundamental para comprender el comportamiento del flujo y así mejorar la evaluación de riesgo de deslizamientos en el futuro.

RN-4

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS EN ANGANGUEO, MICHOACÁN, MÉXICO, 2010

Torres Fernández Lucía¹, Hernández Madrigal Víctor Manuel¹, Capra Lucia² y Domínguez Mota Francisco Javier³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
 lucy_1075@hotmail.com

Existen varios modelos para la zonificación de Procesos de Remoción en Masa (PRM), sin embargo en su mayoría son de tipo estáticos y no toman en consideración factores detonantes. Al no tomar en cuenta el comportamiento dinámico de los PRM, la zonificación es poco representativa y su aplicación en sistemas de alerta temprana muy limitada. Particularmente en México, se aplican modelos estáticos que no toman en cuenta el factor detonante como la precipitación. En este trabajo se presenta un modelo numérico basado en métodos probabilísticos para evaluar la susceptibilidad al deslizamiento, a partir de la generación de series de tiempo en estaciones meteorológicas cercanas. La información obtenida se integra en PCRaster y en conjunto con los factores condicionantes es posible generar un modelo dinámico. El cual nos mostrará la distribución espacial de la precipitación y así localizar las zonas con mayor susceptibilidad a los deslizamientos. Este modelo se aplicará para la zonificación de deslizamientos en el municipio de Angangueo, caracterizada por flujos de detritos, lodos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, detonados por precipitaciones atípicas como las registradas en el 2010, y que causaron pérdidas económicas y humanas.

RN-5

SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL LAHAR SECUNDARIO DEL 2010, VOLCAN POPOCATÉPETL: MECANISMOS DISPARADORES Y CARACTERÍSTICAS TEXTURALES

Zaragoza Campillo Ana Gabriela¹, Caballero Lizeth², Nieto-Torres Amiel³ y Capra Lucia⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³CENAPRED

⁴Centro de Geociencias, UNAM
 gabriella_100@ciencias.unam.mx

Los lahares representan una de las mayores amenazas en ambientes volcánicos, debido a que son procesos capaces de movilizar grandes volúmenes de sedimentos y pueden producir efectos devastadores en la población y en la infraestructura. En este estudio, se caracterizó el lahar generado en la barranca Nexpayantla, ubicada al NW del volcán Popocatepetl en el año 2010. Los datos obtenidos, arrojaron que éste se generó el día 4 de febrero del 2010, a partir de lluvias que saturaron porciones de terreno con pendientes abruptas e indujeron varios procesos de remoción en masa en las partes altas de la cuenca de Nexpayantla. Dicho material fue rápidamente removilizado por el agua que fluía en la barranca, transformándose

en un lahar. Con base en análisis texturales, se determinó que el evento inició como un flujo hiperconcentrado y posteriormente cambió su comportamiento a un flujo de escombros para finalmente diluirse. Imágenes ASTER, obtenidas unos días después del evento, permitieron observar que la distancia alcanzada por el lahar fue del doble de lo reconocido a partir de los depósitos de campo. Este hecho es de gran importancia, ya que la magnitud y la delimitación de las zonas de afectación por lahares recaen, en gran medida, a partir del análisis de sus depósitos. Esto implica que eventos similares pueden ser subestimados hasta en un 50%. La reproducción de este evento a partir de simulaciones numéricas estimó una profundidad máxima de 3 metros y una velocidad de 5.9 m/s, deteniéndose a 4.4 km del poblado de San Pedro Nexapa. Estas características ponen en riesgo a la población que diariamente trabaja dentro de la barranca en la extracción de madera. El análisis de la precipitación indicó que lluvias similares tienen un periodo de retorno de 27 años, es importante mencionar que estas lluvias se produjeron en temporada seca periodo con menor probabilidad de ocurrencia de lahares, si añadimos que las condiciones en la parte alta de la cuenca son modificadas debido a la tala de árboles que pueden modificar las condiciones naturales de la zona, entonces la frecuencia y/o magnitud de eventos de este tipo podría aumentar. Sin embargo, estudios a detalle de la precipitación y de los depósitos de lahar en diferentes barrancas son necesarios para confirmar esta información. Finalmente, aunque se trató de un evento pequeño los resultados obtenidos son útiles para entender mejor las características y el comportamiento de los lahares generados en esta barranca. El estudio a detalle de los factores que controlan su origen, transporte y emplazamiento son necesarios para caracterizar estos eventos, lo que podría ayudar a delimitar con mayor precisión áreas de inundación y alcance, factores determinantes en la evaluación del peligro para lahares.

RN-6

LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DE LA COBERTURA VEGETAL COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN

Trejo Irma y Fernández Vargas Tania
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
itrejoig@gmail.com

Palabras clave: vegetación, intercepción, precipitación, erosión, mitigación La cobertura vegetal cumple diferentes papeles en el ambiente, ofrece distintos servicios entre ellos la protección contra la erosión. En zonas donde el relieve es muy accidentado es mucho más evidente que la falta de cobertura incrementa la probabilidad de deslizamientos, principalmente ante la presencia de eventos extremos de lluvia. En la Sierra Norte de Oaxaca se hizo una evaluación del nivel de deforestación y se asoció a la pérdida de vegetación posterior a un evento de lluvia extraordinaria. Se utilizaron imágenes de satélite para cuantificar el deterioro en la zona. Para evaluar el papel que juega la cobertura en la protección del suelo, se instalaron pluviómetros en sitios con bosque y sin bosque para cuantificar la cantidad de lluvia que es retenida por el dosel y se compararon los datos con distintas intensidades de lluvia. Se usaron fotografías hemisféricas para obtener la información de la cobertura. Los datos muestran que la apertura del dosel es una variable importante en la cantidad de lluvia interceptada por el dosel. Dependiendo del tipo de bosque, la intercepción va del 20 al 35 % de la precipitación. En zonas con menor cobertura, eventos de lluvia extraordinaria tuvieron un efecto en la cantidad de superficie perdida. La presentación de esta información en las comunidades que habitan estas zonas es de gran relevancia ya que refuerza los proyectos de conservación como medidas de mitigación ante el deterioro y el cambio climático.

RN-7

IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y SISTEMAS EXPUESTOS POR RESIDUOS MINEROS METÁLICOS

Arcos Serrano María Esther
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
esther@cenapred.unam.mx

México se encuentra expuesto, tanto a amenazas de origen natural como de origen antropogénico debido a su ubicación geográfica y condiciones sociales. Este estudio se concentra en la contaminación por residuos de la industria Minera, la cual está presente en gran parte del territorio nacional, además de ser una actividad legendaria de 500 años de existencia, aún no se ha analizado su peligro potencial a la población. La disposición de residuos mineros (jales), se han dispuesto de diferentes maneras como, por ejemplo rellenos de minas subterráneas y hoyos abiertos, disposición sub-acuosa y el método más común, la disposición de lechadas o lodos de jales en depósitos, los cuales pueden tener algún problema de migración de contaminantes a los diferentes medios como son el agua, suelo, aire y alimentos. En esta investigación se ha identificado el nivel de peligro de los jales mineros, con base en el proceso de extracción; el tipo y la cantidad de mineral que procesan y el estatus de la mina. Se ubicaron los jales mineros y se integró la información en una capa. También se realizó una capa donde se ubicaron los sistemas expuestos como son los cuerpos de agua, cultivos y población, tomando en cuenta su cercanía con los residuos mineros. Para posteriormente determinar vulnerabilidad para lo cual se necesita realizar análisis más finos, tomando en cuenta la pendiente, las velocidades del viento, las corrientes de agua, etc., así como la calidad de construcción de la presa de jales, lo cual es preciso que lo realicen los municipios para determinar el riesgo a la población cercana a éstos.

RN-8

EMANACIONES DE ²²²Rn EN AGUAS TERMALES DEL ESTADO DE MÉXICO

Juárez Faustino y González Isahic
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tino@geofisica.unam.mx

Los átomos del radón tienen un retroceso muy pequeño (3.0×10^{-8} cm) por ello solo los que están en la superficie de los granos de las rocas logran emanar fácilmente, facilitando con ello el transporte en aguas subterráneas circundantes. Así las concentraciones de radón en aguas subterráneas dependen de la superficie de contacto de las rocas con el acuífero, el origen propio de las rocas es proporcional a las concentraciones de uranio dentro de las rocas. Los hijos del ²²²Rn son: ²¹⁸Po, ²¹⁴Po, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Pb. Y estos elementos tienen un semiperíodo relativamente pequeño en comparación con la del ²²²Rn, esto permite que el radón pueda recorrer grandes distancias antes de desintegrarse por completo. Las aguas subterráneas afectan de dos maneras en el comportamiento de las rocas, la primera que tiene lugar en rocas porosas (areniscas), que es gobernada por la tensión efectiva, la segunda que se da en macizos rocosos formado por materiales poco porosos que es la mayor parte de la roca. Los acuíferos cercanos a las zonas magmáticas, principalmente de origen termal (mejor conocidos como aguas termales que emergen a la superficie), recorren grandes distancias antes de llegar a la superficie. La velocidad es un factor muy importante en el transporte del gas radón, si el transporte de las aguas subterráneas es muy pausado hay mayor probabilidad que el radón se desintegre, por tanto si la circulación del agua termal permite que el gas transportado por ella, en disolución, no se desintegre por completo antes de emanar a la naciente, entonces se podría encontrar una cantidad medible de radón en el lugar. Las aguas termales son un sitio de interés para realizar mediciones de concentraciones de radón, al ser de gran interés para los seres humanos por los efectos que produce y al ser de gran atracción turística. Sin embargo como es radiación es dañina en grandes cantidades para los humanos, siendo el radón el segundo causante de cáncer pulmonar. En este trabajo se presentan los niveles de radón encontrados y su distribución en las zonas de balnearios del Edo. Méx.

RN-9

ANÁLISIS DEL RIESGO POR HUNDIMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE ATENCO, ESTADO DE MÉXICO Y SU IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA

García Maraver Hildelisa Leticia, Carlos Valerio Víctor, García Vargas Carlos Guillermo, Sánchez Téllez Arturo y López Zepeda Sandra Itzel
EM Capital Soluciones Integrales
leticiagamaipn@hotmail.com

Desde los 40's el fenómeno de hundimiento ha sido de interés debido al impacto que ha tenido en la infraestructura de la zona urbana que actualmente se asienta en el antiguo Lago de Texcoco. Diversos estudios han analizado el comportamiento mecánico de la variada composición litológica en esta zona, recopilado información topográfica, analizando datos de bancos de nivel y registros piezométricos. El tema tiene interés para el desarrollo urbano que actualmente se presenta al este del estado de México, por ello el Municipio de Atenco, en el 2016 como parte de las acciones de prevención y mitigación que desarrolla en el marco de la construcción de Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), elaboró el Atlas Municipal de Riesgos Naturales, cuyo objetivo es identificar las zonas de mayor afectación y una estimación de los potenciales daños en caso de un evento natural perturbador. De manera puntual, se identificó al hundimiento como uno de los fenómenos que paulatinamente, van cobrando relevancia toda vez que se está extrayendo agua para el consumo actual, aunado al crecimiento poblacional debido a la consecuente urbanización a que estará sujeta el municipio, una vez construido el NAICM. En campo se observó evidencia que refleja apenas la aparición de este proceso de hundimiento, mediante ligeras afectaciones a casas, y principalmente, en la generación de depresiones locales que forman puntos de inundación. Esta observación, permitió desarrollar un marco metodológico bajo el esquema de análisis multicriterio y sobreposición de capas, que integra el análisis de los factores condicionantes y detonantes del fenómeno, conjugados en un análisis espacial que permite identificar el grado de susceptibilidad y el nivel de daño a la infraestructura. Mediante la valoración de las fichas técnicas para la caracterización del fenómeno, la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, e identificación del daño estructural, se genera el mapa de susceptibilidad. El resultado del estudio cartográfico, muestran un gradiente de susceptibilidad al hundimiento mínima de < 1.3 y una máxima de 2.3. En la zona este del municipio se destaca una zona con un rango muy baja de intensidad, asociada a las localidades urbanas, sin embargo, en la zona poniente del municipio esta intensidad se incrementa considerablemente una intensidad de muy alto, con un rango de 1.9001 a 2.3. Esta última zona con una alta susceptibilidad al impacto del fenómeno de hundimientos, es de interés prioritario, debido a la construcción del NAICM, ya que se encuentra en una zona central lacustre, con depósitos de arcilla lacustre con propiedades físico-mecánicas características: cohesivos, saturados, que presentan esfuerzos de expansión y dilatación o alteración por efectos del agua, causando una descompensación volumétrica con variaciones notables en el descenso del nivel freático del acuífero y niveles de abatimiento en pozos de agua subterránea.

RN-10

CARACTERIZACIÓN DE LA DEFORMACIÓN Y EL FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO A PARTIR DE PERFILES DE NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA CASO DE ESTUDIO: LADERA SURESTE DEL PEÑÓN DEL MARQUÉS, IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO

Jiménez Sánchez Carmen Alejandra¹, Gutiérrez Calderón Raúl Iván¹, González Hernández Marcos², Centeno Salas Félix Antonio² y Carreón Freyre Dora²

¹Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG Iztapalapa

²Centro de Geociencias, UNAM
alejandrajss@gmail.com

Los estudios de nivelación del terreno son una técnica complementaria en la caracterización dinámica de la deformación y el fracturamiento del subsuelo. El nivel diferencial de los perfiles proporciona información sobre la evolución de la morfología y la pendiente del terreno, además de ayudar en la interpretación del mecanismo de fracturamiento. En el presente trabajo se muestran los resultados de dos perfiles de nivelación topográfica de una longitud de 300 metros de la calle Luis García ubicada en la ladera sureste del Peñón del Marqués realizados en los años 2011 y 2017, donde se muestran desniveles con diferentes magnitudes alcanzando valores superiores a 1 metro. También se destacan rasgos morfológicos del terreno donde se identifican escarpes del sistema de fracturamiento NE-SW que afecta a este sitio. Los resultados de este trabajo se complementaron con estudios de geofísica para el entendimiento del mecanismo de fracturamiento de la zona.

RN-11

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOFÍSICO PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LOS SOCAVONES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA GENERADOS EN LOS AÑOS 2007 Y 2010, Y LAS ÁREAS DE PELIGRO A LO LARGO DEL COLECTOR DE DRENAJE PONIENTE ZONAS 2 Y 6

Zamudio Ángeles David¹, Chávez Segura René¹, Tejero Andrade Andrés², Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero Juan Esteban¹ y García Serrano Alejandro²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM
dzamudio@geofisica.unam.mx

La formación de dos socavones en la zona urbana norte de la Ciudad de Guatemala, en los años 2007 y 2010, cuyas dimensiones fueron de 25 y 22 m de diámetro superficial y de 60 y 48 m de profundidad respectivamente, con una separación entre ambos de 1.6 km, y localizados sobre la línea del colector poniente de aguas residuales de la misma ciudad, se debió a la concurrencia de diferentes factores, entre ellos, las características litológicas de rocas poco consolidadas, conformadas por una serie de secuencias volcánicas constituidas por: depósitos de caída y flujos piroclásticos de pómez y cenizas, coronadas por paleosuelos, propensas a intensos procesos erosivos por corrientes de agua subterránea; por filtraciones de agua pluvial, de drenajes clandestinos y de fosas sépticas, las que por fenómenos de tubificación formaron cavidades o ductos continuos a lo largo de las líneas de corriente del flujo de agua, tanto horizontales como verticales, éstas, llegaron a socavar hacia la superficie hasta la ocurrencia del colapsamiento de la infraestructura urbana y habitacional. Los socavones se ubican en la confluencia de flujos naturales de agua subterránea en diversas direcciones que va por encima del colector (que además sirvió de guía para la salida de sedimentos), uno de estos el flujo de agua es el provocado por la paleotopografía y la topografía actual del arroyo que fluye de suroeste a noreste en las inmediaciones de los socavones de la zona 2 y 6, zonas, en donde el escurrimiento y la filtración natural del agua son considerables, lo que contribuyó ampliamente a los procesos de erosión y a la formación de las estructuras que originaron los colapsos. Aunado, que en ellos se encontraban las lumbreras de acceso para la construcción del colector, mismas que fueron rellenadas en su momento con materiales diferentes a los del subsuelo. Para conocer el estado del subsuelo entre los dos socavones a lo largo del colector poniente, se realizó un estudio geofísico que consistió en la realización de una serie de perfiles de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), empleando el arreglo Wenner-Schlumberger con un total de 1,777 cuádrupolos observados, distribuidos en seis diferentes perfiles. La profundidad de investigación obtenida osciló entre 30 m y 100 m. Se determinaron un par de anomalías de alta resistividad (>10,000 Ohm-m), la primera, relacionada con una cavidad vacía localizada a 35 m de profundidad; y la segunda se encontró una zona de relleno muy consolidado. Se detectaron también anomalías de baja resistividad (<30 Ohm-m), que se pueden asociar con estratos de material fuertemente saturado que indican la presencia de un flujo de agua subterráneo que parece correr en el entorno del colector y sigue la topografía del terreno. Se detectó también, una anomalía de alta resistividad cerca del socavón del 2007 a una profundidad de 73 m, lo que sugiere la presencia de una cavidad en formación por debajo del colector, a 20 m de su base.

RN-12

VULNERABILIDAD FÍSICA O VULNERABILIDAD AMBIENTAL. FRONTERA ENTRE VULNERABILIDAD Y PELIGRO.

Ponce Pacheco Ana Bertha¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM
riesgos2014@gmail.com

El término vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad que tienen las construcciones, infraestructura, comunidades, sistemas y personas a presentar algún tipo de daño provocado por la acción de algún fenómeno natural o antropogénico. Para un mejor estudio, la vulnerabilidad se ha dividido en diferentes áreas a las que se les llama tipos de vulnerabilidad. Ejemplos de ello son la vulnerabilidad social, la vulnerabilidad económica, la vulnerabilidad política, entre otras. Si bien es conveniente hacer una distinción para un análisis detallado de cada tipo de vulnerabilidad, al evaluar el riesgo de cualquier comunidad es conveniente considerar de forma integral los diferentes factores que conforman a la vulnerabilidad. Particularmente, la vulnerabilidad física se define como aquella vulnerabilidad que depende de la geografía del sitio de estudio y de las condiciones del terreno. En términos de riesgos por fenómenos naturales se puede considerar como similares a la vulnerabilidad física y a la vulnerabilidad ambiental, si se considera que la vulnerabilidad ambiental es aquella debida a las condiciones del ambiente presente en la zona de estudio, donde el ambiente es el producto de las condiciones físicas, biológicas y antrópicas presentes. Por otro lado, cuando se estudian los riesgos debidos a procesos de remoción de masa o inundaciones, existen dificultades para definir y diferenciar el peligro y la vulnerabilidad física. La complejidad de estos fenómenos propicia que algunas veces se piensen como peligros a factores que forman parte de la vulnerabilidad, concretamente a la vulnerabilidad ambiental. En el presente trabajo se realiza un análisis conceptual de la vulnerabilidad física como vulnerabilidad ambiental y la diferencia entre esta y el peligro. Como ejemplo de caso de estudio, se considera la manifestación de inundaciones y procesos de remoción en masa en la cuenca de Motozintla de Mendoza, Chiapas.

RN-13

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y RIESGO POR INUNDACIÓN, ZIHUATANEJO, GUERRERO

Hernández Hernández Aurora¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM
marlex053@gmail.com

En la República Mexicana la ocurrencia de desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos y los niveles de vulnerabilidad prevalentes, se presenta con gran frecuencia. En este sentido, se reconoce al estado de Guerrero como uno de los seis estados más susceptibles a inundaciones provocadas por eventos meteorológicos. Zihuatanejo de Azueta es uno de los municipios más importantes en la actividad turística de Guerrero. Sin embargo, es también uno de los municipios que resultan afectados de manera recurrente por inundaciones debido al paso de tormentas tropicales y huracanes frente a las costas del mismo. En el presente trabajo se toma como caso de estudio la cabecera municipal de Zihuatanejo de Azueta, para realizar la estimación de su vulnerabilidad socioeconómica a nivel manzana. La investigación se basó en los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI. Se utilizaron 14 indicadores correspondientes a cuatro rubros principales que son: las características poblacionales, de educación, económicas, de salud y vivienda. El índice de vulnerabilidad calculado para cada una de las 1840 manzanas que componen el área de estudio, varía de 0 a 143. Aproximadamente el 57.8% del total de manzanas cuenta con un índice de vulnerabilidad bajo, el 22.5% corresponde a un índice moderado, el 17.8% a un índice muy bajo, el 1.6% a un índice alto, y finalmente el 0.2% a un índice muy alto. De igual forma se identificaron 240 instalaciones vitales, de las cuales ninguna se encuentra ubicada dentro de una manzana con un índice de vulnerabilidad muy alto, 9 en manzanas con un índice alto, y el resto se ubican de manera quasi equitativa en manzanas con índice de vulnerabilidad moderado, bajo y muy bajo. Finalmente, como resultado del presente trabajo, se presentará el riesgo por inundación asociado al área de estudio.

RN-14

RIESGO VOLCÁNICO EN UNIÓN JUÁREZ, CHIAPAS

Hernández Bello María Guadalupe¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM
bluestar_06@hotmail.com

En nuestro país existen 22 volcanes activos, los cuales al hacer erupción pueden afectar a las poblaciones cercanas. El presente estudio se realiza entorno al volcán Tacaná, específicamente en la cabecera del Municipio de Unión Juárez, localizada en el estado de Chiapas, frontera con Guatemala. A pesar del impacto a las comunidades aledañas durante la erupción freática que tuvo el Tacaná en 1986 y

su palpable actividad hidrotermal, no existen estudios orientados a conocer el grado de vulnerabilidad que tiene la población expuesta, lo cual resulta indispensable para determinar el riesgo de estas comunidades. El objetivo principal de este trabajo es determinar el nivel del peligro volcánico que afecta a la cabecera de Unión Juárez, Chiapas, México, así como estimar su vulnerabilidad y como consecuencia los riesgos de esta comunidad. Los peligros volcánicos considerados son: caída de ceniza, caída de balísticos, lahares, flujos piroclásticos y flujos de lava. Se analizaron cuatro tipos de vulnerabilidades: física (condiciones del terreno en el cual se encuentra ubicada la comunidad), estructural (condiciones estructurales de las viviendas e infraestructura), social (comportamiento y organización de la comunidad) y económica (condiciones de los instrumentos económicos la comunidad). Para obtener los datos de estas vulnerabilidades se realizaron encuestas en toda la cabecera considerando una muestra mínima representativa de la población de estudio. Los resultados fueron representados espacialmente utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para complementar el análisis, se realizaron mapas sobre diferentes características del municipio: geología, hidrología, temperatura, precipitación, uso de suelo, etc. Posteriormente, se analizaron y se clasificaron las zonas de afectación para cada peligro volcánico considerado utilizando los sistemas ArcGIS y QGIS. La vulnerabilidad global de Unión Juárez se determinó a partir del conjunto vulnerabilidades evaluadas. Los resultados indican que en general la cabecera municipal de Unión Juárez tiene una vulnerabilidad de media a alta. Como consecuencia, esta comunidad presenta un riesgo alto ante los diferentes peligros de origen volcánico a los que se encuentra expuesta (ceniza, flujos piroclásticos, etc), excepto para los flujos de lava ya que debido a las propiedades físicas de éstos no es común que alcancen largas distancias.

RN-15

INDICADORES DE RESILIENCIA URBANA ANTE HURACANES PARA LA CIUDAD COSTERA DE PLAYA DEL CARMEN, CARIBE MEXICANO

Frausto-Martínez Oscar, Hernández Aguilar María Luisa, Vázquez Sosa Aide, Chávez Alvarado Rosalía y Camacho Sanabria José Manuel
Universidad de Quintana Roo, UQROO
 fraustomartinezoscar@gmail.com

El monitorio de indicadores de resiliencia urbana se fundamenta en el análisis de procesos de gestión de la información para la toma de decisiones, con el fin de prevenir y manejar contingencias ante desastres. La aplicación del monitoreo se lleva a cabo en la ciudad costera de Playa del Carmen, en el Caribe Mexicano. Ciudad urbana con más de 250 mil habitantes y con tasa de crecimiento anual mayor al 10 % en los últimos 20 años. Así, los indicadores se definieron bajo los principios del sistema socioecológico resiliente. Se identificaron siete temas (Social, económico, natural, construido, organizacional, cultural y espacio-temporal) que comprenden 79 indicadores. Los indicadores se diferenciaron en clave y listas de verificación. El tiempo de cohorte es el año 2000, basado en los últimos huracanes de alto impacto para la ciudad (Emily y Wilma, 2005). Así, se analizan los cinco principios del monitoreo: pertinencia, la calidad de la información, objetivos, tendencia y significancia del sistema de indicadores de resiliencia urbana ante huracanes, confrontando los resultados con los usuarios directos de la gestión del riesgo local. (Proyecto CONACYT – Problemas Nacionales 2014: 248375).

RN-16

ELABORACIÓN O ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE PELIGROS Y RIESGOS ESTATALES Y MUNICIPALES SIN UN TERCER ACREDITADO

Anaya Fernando
 Coordinación Estatal de Protección Civil Aguascalientes, CEPC
 fernando.anaya@aguascalientes.gob.mx

Antecedentes: En estado de Aguascalientes en el año 2008 se autorizaron recursos por medio del FOPREDEN para elaborar el Atlas de Peligros y Riesgos de la zona metropolitana del estado (municipios de Aguascalientes, Jesús María, y San Francisco de los Romo), por lo que el estado decidió contratar un tercer acreditado para su elaboración, una vez revisado por el CENAPRED determino el 20% de la información confiable. Por lo que el Estado decidió conformar el comité del Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Aguascalientes, para su conformación se elaboraron convenios de colaboración con dependencias federales, estatales y municipales y para el año 2013 se terminó y se aprobó por el CENAPRED el Atlas de Peligros y Riesgos para el estado de Aguascalientes. La organización del comité la llevo a cabo la Coordinación Estatal de Protección Civil, teniendo como entes normativos al INEGI, SEGUOT, CEPLAP, y para cada líder de fenómeno perturbador se asigna a la dependencia la cual cumpla con la naturaleza y responsabilidad de su origen. Para que el comité tenga éxito se deberá seleccionar al personal y capacitarlo de acuerdo al agente perturbador que pertenece (Geológico, Hidrometeorológico, Químico Tecnológico, Sanitario Ecológico y Sociorganizativo) El objetivo: es elaborar o actualizar el Atlas Estatal y Municipal de Peligros y Riesgos, con el contenido mínimo que marca las metodologías del CENAPRED.

RN-17 CARTEL

TASAS DE EROSIÓN HÍDRICA EN EL NORTE DE LA CUENCA DEL RIO SONORA

Samano Tirado Alma Patricia, Grijalva Noriega Francisco Javier,
 Montijo Alejandra, Acosta Graciano Joel David y Rivera Peñafuuti Arely
Universidad de Sonora, UNISON
 patysamano@gmail.com

Con el uso de la fórmula RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) y los índices geomorfológicos obtenidos mediante la aplicación de técnicas de SIG, se evaluó la distribución espacial de las tasas de erosión hídrica y su relación con las unidades geológicas, rasgos geomorfológicos, distribución de suelos y patrones estructurales. En este trabajo se evalúa las tasas de erosión hídrica de la parte norte de la cuenca del río Sonora, creando un modelo dinámico para predecir la pérdida de suelo. Aplicando la RUSLE, se encontró que el factor de longitud y grado de pendiente (LS) es el que más influye en la estimación de la pérdida de suelo. Con cada factor se generó un mapa, posteriormente se procedió a cruzar todos estos, resultando los mapas de erosión actual y erosión potencial. Teniendo en cuenta este procedimiento, la cartografía de la erosión existente y/o su predicción en tiempo y espacio, sugiere que desempeña un papel importante en la determinación de la variabilidad espacial de los fenómenos, lo que la convierte en una herramienta esencial de planificación para la conservación de los suelos. Del análisis de erosión actual se puede observar en las zonas montañosas los valores más altos que varían de 7.5 a 40 ton/ha/año, con una pérdida por erosión de suelo moderada, lo cual se atribuye principalmente al efecto de la vegetación, debido a que sin ésta, la pérdida de suelo rebasaría las 50 t/ha/año. Los valores más bajos oscilan entre 0-1 t/ha/año, en las zonas topográficamente más bajas. La tasa media de erosión actual, varía entre 2.5-4.5 t/ha/año y se presenta principalmente en la parte E del área. Haciendo un análisis comparativo entre los resultados de erosión potencial y erosión actual, se establece que la dinámica de degradación del suelo es favorecida por el tipo de vegetación, el régimen de lluvias y la composición del suelo. Los resultados de la simulación indican que la degradación del paisaje se reduce cuando se adoptan prácticas de conservación de suelos.

RN-18 CARTEL

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LA REVISIÓN CINEMATICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA ZONA PONIENTE DE MONTERREY (CERRO DE LA LOMA LARGA Y MITRAS), N.L., MÉXICO

Chapa Arce Rosbell Ivan, Chapa Guerrero José
 Rosbel, Medina Barrera Francisco y Alva Niño Efraín
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 ing.ivanchapaarce@gmail.com

La estabilidad de taludes es un tema que se ha abordado desde principios del siglo pasado hasta nuestros días (Terzaghi, Coulomb, Fellenius, HOEK E., & BRAY, J. W., etc.). Sin embargo los parámetros o coeficientes que se deben de tomar en cuenta en las fórmulas para su análisis varían de región en región y más precisamente de las condiciones geológicas del sitio. En el presente trabajo se escogió el área metropolitana de Monterrey como zona de estudio, por ser la tercera zona conurbada más grande de México (más de 4 millones de habitantes), además de localizarse entre montañas, en el frente de la curvatura de Monterrey, en donde la construcción de vivienda e infraestructura vial se desarrolla desde los 550 msnm hasta los 1350 msnm. Para este trabajo se analizaron 7 taludes, los cuales se encuentran en los Cerros de las Mitras y Loma Larga, que presentan una estructura anticlinal, siendo el Cerro de Loma larga una bifurcación del anticlinal del Cerro de las Mitras. Se obtuvieron los parámetros de los macizos rocosos por los métodos RMR, RQD y SMR para la determinación de la calidad del macizo rocoso. Los datos obtenidos varían de mediana calidad a buena calidad. Por otro lado se obtuvieron muestreos de los diferentes taludes para la obtención de su peso específico, el cual se determinó en laboratorio para su comparación con los parámetros utilizados en trabajos anteriores, arrojándonos datos concisos de peso específico de cada talud para posteriores cálculos de este trabajo. Durante los análisis cinemáticos de los diferentes taludes se visualizaron problemáticas diferentes a lo observado en campo, por lo que se tuvo que evaluar diferentes mecanismos de falla para cada talud hasta llegar a la correcta determinación de los mismos fallamientos. En la mayoría de los taludes se obtuvieron Factores de Seguridad buenos, siendo que en campo algunos taludes se observó claramente un fallamiento preexistente (taludes del Cerro de las Mitras) en la Formación Aguan Nueva. Es por eso que una de las conclusiones más relevante que se obtuvo en el presente estudio es que las observaciones de campo son de suma importancia, ya que esta observación nos da la idea de las diferentes condiciones y parámetros a utilizar a la hora de realizar nuestros cálculos en gabinete. Con estas condiciones y parámetros realizamos la importancia que tiene el análisis de observación en la realización de cada cálculo de estabilidad de taludes ya sea para una casa habitación o para construcción más grande, cuidando que dicho cálculo de estabilidad de taludes sea para el bien no solo de la edificación a realizar, sino también para las edificaciones contiguas, siempre para el bien social.

RN-19 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DEL ESPACIO AEREO AFECTADO POR CENIZA VOLCÁNICA EN EVENTOS ERUPTIVOS DEL VOLCÁN POPOCATEPETL Y SU IMPACTO EN LA AVIACIÓN

Jiménez Escalona José Carlos¹ y Monsiváis Huertero Alejandro²

¹Instituto Politécnico Nacional

²Instituto Politécnico Nacional, IPN
jjimenez@ipn.mx

El volcán Popocatepetl ha presentado constantes emisiones de gases y ceniza desde finales de 1994. Debido a la elevación del edificio volcánico (~5425 mslm) estas emisiones alcanzan con mucha frecuencia los niveles de vuelo de aeronaves comerciales (entre 6000m y 12000m). Una vez depositados estos productos volcánicos en la atmósfera, serán transportados por los vientos dominantes pudiendo extenderse por varios cientos de kilómetros cuadrados en el espacio aéreo. Esto representa un alto riesgo para las aeronaves que cruzan por alguna de las decenas de rutas aéreas ubicadas cerca del volcán. La VAAC de Washington ha reportado aproximadamente 530 días con presencia de una o varias erupciones del Popocatepetl desde 1999 a 2016. Esto representa un alto riesgo para las operaciones aéreas de las compañías que circulan por esta zona. Con el propósito de mitigar los riesgos en aviación por presencia de productos eruptivos del volcán Popocatepetl, se propone utilizar llevara a cabo un análisis de las condiciones predominantes que afectan la dispersión de estas emisiones, para identificar la sección del espacio aéreo alrededor del volcán que es impactada. Se desarrolló un estudio de las condiciones del viento en diferentes niveles de la atmósfera permitiendo identificar dos patrones predominantes. El más importante se presenta durante los meses de noviembre a mayo, en el cual la dirección predominante del transporte de ceniza se da entre las direcciones NNE y SE. Durante este periodo de tiempo también se presentan las velocidades del viento más altas del año con un rango que va de 10 m/s a los 30 m/s. La segunda dirección predominante de transporte es de S al NW y se presenta entre los meses de julio a septiembre, con velocidades del viento que se encuentran en el rango de 2 m/s a 20 m/s. También se identificaron dos meses de transición (julio y octubre) en donde la dirección del viento no es claramente definida. Por otro lado se utilizaron imágenes MODIS para identificar el área de dispersión de estas nubes de ceniza y comprobar la dirección propuesta de desplazamiento dependiendo de la época del año. Se pudieron analizar alrededor del 55% de los eventos reportados por la VAAC de Washington con este método de Percepción remota, pudiendo comprobar que en un 90% de los casos las nubes de ceniza presentaron un desplazamiento en la dirección esperada. Esto muestra que es posible identificar las zonas del espacio aéreo con mayor probabilidad de ser afectada por presencia de ceniza volcánica en el caso de una erupción del volcán Popocatepetl en función de la época del año. Con esta información se pueden generar mapas de mitigación de riesgos para la aviación por presencia de ceniza volcánica.

RN-20 CARTEL

LA GEOLÓGIA APLICADA COMO BASE ESENCIAL EN EL DESARROLLO URBANO, EJEMPLO: UN PUEBLO MAGICO LINARES, N.L., MÉXICO

Chapa Guerrero José Rosbel, Méndez Delgado Sóstenes, Chapa Arce Rosbell Ivan, Chapa Arce Christian Fabián y Ortiz Rodríguez Rogelio
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
jrosbell34@gmail.com

La Linares, Nuevo León, fisiográficamente hablando, se encuentra en la Planicie Costera del Golfo Norte, plano inclinado, en el Noreste de México, con una población de casi 80 mil habitantes. El municipio de Linares, que fuera capital de Nuevo León y actualmente nominado PUEBLO MÁGICO, se localiza delimitado al oeste por la Sierra Madre Oriental (SMO) y a 200 km del Golfo de México y está asentado entre los ríos Pabillo y Camachito. La diferencias de alturas entre la SMO (2000 m.s.n.m.) y el municipio de Linares (350 m.s.n.m.) es de 1650 m en una distancia de aproximadamente 20 km. La ocurrencia de huracanes, terremotos, erupciones volcánicas, lluvias torrenciales y otros fenómenos de carácter natural son causa principal para que se desencadenen catástrofes, pero con mucha certeza podemos mencionar, que el factor principal para que estas tengan lugar es la construcción de obras en lugares no aptos y aunados a éstos, sin las medidas necesarias precautorias y de seguridad. El desarrollo de infraestructuras viales así como el aumento poblacional de las grandes ciudades en el mundo en las últimas décadas manifiesta que se desarrollen extensas zonas urbanas y carreteras sin un estudio geológico previo. Las consecuencias han sido y son y serán grandes desastres. Es por esta razón que la Geología Aplicada (Ingeniería Geológica) juega un papel primordial en la toma de decisiones para el desarrollo urbano o de una población o ciudades ya establecidas o mejor aún en ciudades por desarrollarse. En la presente investigación se enumeran las metodología a seguirse en ambos casos (ciudades o desarrollos urbanos existentes o ciudades o zonas urbanas por desarrollas) esto para que sea una ciudad completamente sostenible y de antemano visualizando problemáticas en el futuro. Aquí se pone de manifiesto la importancia de la cartografía de ingeniería geológica, como principal criterio en el desarrollo de una ciudad, poblado o zona urbana. Los asentamientos humanos del municipio de Linares se encuentran, Geológicamente hablando, sobre sedimentos recientes cuaternario, como aluviones y suelos limosos y arcillosos producto del transporte de

rio Pabillo. Cabe mencionar que se ha detectado asentamientos sobre las márgenes y lechos de los ríos. Por lo antes mencionado, algunos sectores del municipio de Linares, N.L. se localiza expuesto a inundaciones repentinas episódicas, haciendo vulnerable a la población, poniéndola en riesgo durante eventos de lluvia intensa y prolongada al paso de ciclones. En esta investigación de Servicio Social con el municipio de Linares colaboran alumnos de 8° semestre de licenciatura de la Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL y queremos sentar las bases del desarrollo futuro de dicho municipio.

RN-21 CARTEL

EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE HUAUCHINANGO, PUEBLA, A PARTIR DE MÉTODOS GEOFÍSICOS

Arenas Zambrano Gabriela, Mones Cepeda Angélica, Cortés López Lizeth, Pérez Bravo Pablo Uziel y González Hernández Julio César
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
zambrano.igf@gmail.com

Los movimientos de laderas son procesos relativamente frecuentes, en contraste con los terremotos o las erupciones volcánicas, éstos pueden ser inducidos o provocados, e incluso previstos y evitados por la acción del hombre. La recurrencia de desastres naturales en la Sierra Norte de Puebla, expresan la inestabilidad de los suelos debidos a diversos factores, tanto climatológicos como morfológicos. Huauchinango es uno de los municipios con mayor riesgo debido a los deslizamientos de laderas que ocurren frecuentemente. La última evidencia que se tuvo de estos sucesos fue durante el paso del Huracán Earl, donde las pérdidas humanas y materiales acontecidas en las comunidades aledañas fueron atribuidas, en su mayoría, a deslizamientos de laderas. La aplicación de métodos geofísicos para la determinación de propiedades físicas del subsuelo es una herramienta importante en la prevención de desastres por deslizamiento de laderas, ya que, una vez identificadas estas propiedades se puede sugerir, con mayor certeza, un plan de acción para la prevención de desastres. Es importante señalar que una fase fundamental de la prevención de riesgos geológicos es la identificación y caracterización del fenómeno. En este trabajo se presentan avances de los datos recabados y analizados durante la primera etapa del proyecto, para el cual se aplicaron los métodos sísmico y electromagnético, donde el primero ha ayudado a determinar las discontinuidades estratigráficas debido a los cambios de velocidades sísmicas a profundidad, con el segundo método se corroboran las discontinuidades del subsuelo debido al cambio en las propiedades eléctricas del subsuelo. La complementación de ambos métodos nos permitirá caracterizar de manera más acertada las zonas más vulnerables en las colonias estudiadas del municipio de Huauchinango, esto con el objetivo de generar un mapa de riesgos por deslizamiento de laderas que sirva de apoyo a las autoridades correspondientes y habitantes del municipio.

RN-22 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO CONTENIDO EN LA PORCIÓN SUR DEL CAMPO DE DUNAS "LA LAGUNITA", MÉXICO, UTILIZANDO LA TÉCNICA DE NIVELACIÓN DIFERENCIAL Y DRONES

Guardado France Rigoberto¹, Carrillo Rodríguez Oswaldo¹, Téllez Duarte Miguel Agustín¹, Rivera Huerta Hiram¹ y Gudiño Elizondo Napoleón²
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
rigoberto@uabc.edu.mx

Con el objetivo de estimar el volumen de sedimentos en una porción del campo de dunas "La Lagunita", en Ensenada Baja California, se contrastaron dos técnicas: el método clásico de nivelación diferencial (ND), y utilizando un dron equipado con cámara fotográfica para generar un modelo digital de elevación (MDE) aplicando el criterio de Estructura a Partir de Movimiento (SfM), y empleando el programa de cómputo Agisoft PhotoScan. Ambos métodos mostraron un alto grado de precisión en los perfiles obtenidos, y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrada. Sin embargo, el método ND mostró una subestimación del volumen de sedimento de hasta el 11%. Por tanto, aun cuando el MED implica una mayor inversión de tiempo para la toma de datos y procesamiento, a cambio se obtiene una mayor precisión en el volumen de sedimentos estimado. Otra ventaja adicional es que en áreas grandes resulta más práctico el MED, sobretodo en estudios morfodinámicos.

RN-23 CARTEL

ZONIFICACIÓN Y DETECCIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS FLANCO SUR DEL CERRO DE LAS MITRAS EN SAN PEDRO GARZA GARCÍA, N.L. MÉXICO

Viveros Ramírez Daniel, Chapa Guerrero José Rosbel,
Méndez Delgado Sóstenes y Chávez Cabello Gabriel
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
dviveros23@gmail.com

La ingeniería geológica es clave en la planeación de toda zona poblacional, por lo que es de vital importancia reconocer las zonas de riesgo que puedan afectar a una futura población o en caso de ya existir urbanización en las zonas, sirve para identificar y sugerir formas de mitigación. El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es la tercera ciudad más importantes de México, siendo la ciudad principal del noreste del país, además cuenta con una población mayor a los 4 millones de habitantes, esto, aunado a la falta de espacios habitacionales y al deseo de las personas de estar lo más cercano al centro de la ciudad y de sus empleos ha provocado un crecimiento descontrolado de la mancha urbana, lo que ha dado, desde la década de los 70's y da lugar a la población civil asentarse en zonas montañosas. A lo largo del tiempo, las zonas de laderas van cambiando su morfología debido a diferentes procesos geológicos e hidrometeorológicos que afectan los materiales existentes (roca y suelo), los cuales, se van acomodando de diferentes maneras en busca de un relajamiento físico que les permita tener un equilibrio. Ignorando estos procesos, la población que habita estas zonas se encuentra en constante riesgo, ya que los procesos antes mencionados pueden ocasionar movimientos en masas que afecten la infraestructura que exista, así como la vida misma de las personas. Si a los procesos antes mencionados se le añaden procesos antropológicos, como lo son cortes de ladera y excavaciones, sin las medidas y el conocimiento adecuado, con el fin de crear nueva infraestructura en la zona, dichas zona se vuelve aún más vulnerable y por lo tanto más riesgosa para la población. Dentro del AMM existen varias zonas de laderas en desarrollo urbano, las cuales se enumeran a continuación: Cerro de la Silla, Cerro del Mirador, Cerro del Topo Chico, Cerro de la Loma Larga y Cerro de las Mitras, siendo este último el área objetivo de estudio. El cerro de las Mitras es una elevación montañosa, cuya característica geológica está constituida por una secuencia cretácica: calizas, lutitas y margas, formando un braquianticlinal. Dicha estructura se localiza entre los municipios de Monterrey, García, San Pedro Garza García y Santa Catarina. En este estudio se busca señalar las áreas más vulnerables de la zona en una carta geológica de riesgos, determinando los posibles efectos y afectaciones a la población, así como crear una base de datos que permita monitorear la zona de estudio a futuro y la regulación de futuros asentamientos civiles, y concientizar a la población sobre los riesgos que conlleva los asentamientos humanos en zonas similares.

RN-24 CARTEL

RIESGO AMBIENTAL POR FENOMENOS METEOROLOGICOS EN LA REGION HIDROLOGICA PRIORITARIA NO. 28 RIO ATOYAC – LAGUNA DE COYUCA

Torres-Franco Mario¹, Rendón-Hernández Cristian¹, Valera-Pérez Miguel Ángel², Torres-Trejo Edgardo³ y Ramírez Bautista Kenia Gisselle¹
¹Instituto Tecnológico Superior de la Montaña, ITSM
²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
illoman_2000@hotmail.com

La Región Hidrológica Prioritaria No. 28 Río Atoyac – Laguna de Coyuca, ubicada en la zona de Costa Grande y Acapulco en el estado de Guerrero, es propensa a ser azotada por fenómenos meteorológicos año con año, principalmente en temporada de lluvias; como son ciclones, tormentas tropicales, lluvias torrenciales, etc. Dichos fenómenos con el paso del tiempo se presentan con mayor intensidad debido al cambio climático, lo cual provoca daños mayores al medio ambiente y sobre todo a las poblaciones que son afectadas por la manifestación de estos. El objetivo del trabajo fue: Identificar los riesgos que causan los fenómenos meteorológicos y como pueden afectar a las poblaciones que se localizan dentro de la Región Hidrológica Prioritaria Río Atoyac-Laguna de Coyuca, para proponer zonas aptas como sitios de evacuación y de albergue, proporcionando elementos para un plan de contingencia. La metodología que se utilizó para llevar a cabo este trabajo fue: elaboración de mapas digitales base mediante la utilización del software ArcView 3.2 e información digital del INEGI; Análisis climático y obtención de balances hídricos mediante el modelo de Thornthwaite y las bases de datos de las estaciones meteorológicas de CONAGUA en la zona de estudio, elaborando los Climogramas simples y complementarios; modelación geoestadística de las variables climáticas obteniéndose predicciones a través de Kriging ordinario; identificación de las áreas de riesgo de deslaves o inundaciones mediante el análisis de clima, vegetación, geológico, edafológico, hidrográfico, distribución de las poblaciones humanas, además de trabajar la base de datos de sismicidad. Los resultados permitieron identificar los puntos de riesgo donde será necesaria la evacuación y las zonas seguras apropiadas como albergues temporales. Se concluye sobre la necesidad de considerar estos resultados en caso de presentarse una contingencia causada por un fenómeno meteorológico por parte de las autoridades de las localidades afectadas.

RN-25 CARTEL

COMPORTAMIENTO DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS VARIABLES METEOROLÓGICAS QUE FAVORECEN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN GUATEMALA EN PRESENCIA DE CICLONES TROPICALES

Barcenás Castro Maydes¹, Tereshchenko Iryna¹,
Gorokjovich Yuri², Pantoja Diego Armando³ y Monzón César¹
¹Universidad de Guadalajara, CUCEI
²Lehman College CUNY
maydes.barcenas@gmail.com

La ocurrencia de deslizamientos de tierra durante el paso de Ciclones Tropicales son muy frecuentes y dañinos en Guatemala. Es por ello que se plantea como objetivo general: Identificar si la circulación atmosférica durante los Huracanes Stan y Mitch, produjo alguna diferencia significativa en la distribución de la humedad y otras variables, entre las laderas Sur y Norte del sistema montañoso de Guatemala. Se utilizó el modelo WRF acoplado con el WRF-Hydro a 1 km de resolución. El modelo WRF se inicializó con datos de reanálisis (datos reales) del Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) Climate Forecast System Reanalysis (CFSR). Se analizaron las salidas de precipitación, viento, humedad y radiación solar. Se evaluaron las corridas del modelo con datos satelitales y datos de estaciones en superficie. Se encontró que existe relación entre la ocurrencia de los deslizamientos de tierra en las zonas montañosas de Guatemala y estas variables meteorológicas.

RN-26 CARTEL

MODELACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO EN HERMOSILLO, MÉXICO

Navarro Javier¹, Robles Morúa Agustín¹, Voelkel Jackson², Shandas Vivek², Verdusco Monge Vivian Shimeí³, Gutiérrez-Ruacho Oscar³, Martínez Marco Antonio⁴, Marincic Irene⁴, Ochoa José⁴, Mercado Laura⁴, Peñafuori Guadalupe⁵ y Hinojosa Eduardo⁵
¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Portland State University
³Universidad Estatal de Sonora
⁴Universidad de Sonora, UNISON
⁵Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo
javiernavarro@gmail.com

La evolución urbana tiene un impacto en la superficie de las ciudades al reemplazar suelos naturales por áreas construidas, afectando el balance energético y los hábitats naturales. Estos cambios producen que las temperaturas sean mayores al interior de la mancha urbana, conociéndose este fenómeno como la isla de calor urbano. La cual tiene implicaciones en la salud pública, confort térmico, calidad del aire, manejo de energía y planeación urbana. Este trabajo tiene como propósito estudiar su comportamiento en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. A través de mediciones de alta resolución de temperaturas del aire por la mañana, tarde y noche con sensores montados en automóviles e imágenes de temperatura superficial de Sentinel-2. Se utilizó el modelo Random Forest para validar los resultados en campo y posteriormente extrapolar los resultados de las mediciones a la extensión de la mancha urbana. Al aplicar el modelo, se encontró que es capaz de explicar el 94% de la variación de las temperaturas en la ciudad. Siendo una herramienta efectiva, que permite identificar zonas vulnerables y que puede apoyar a los tomadores de decisiones a establecer estrategias para mitigar a este fenómeno.

RN-27 CARTEL

ADAPTACIÓN SOCIAL DEBIDO AL IMPACTO POR LA SEQUÍA EN LAS COMUNIDADES DE EL CIPRÉS, VICENTE GUERRERO Y RANCHERÍA JOCOTE DEL MUNICIPIO DE MOTOZINTLA DE MENDOZA, CHIAPAS

López Isabel¹ y Novelo Casanova David Alberto²
¹Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM
²Instituto de Geografía, UNAM
facablas21@gmail.com

Durante el año de 2014 se realizó una investigación en la cuenca de Motozintla de Mendoza en el estado de Chiapas, con el propósito de conocer el grado de afectación social ante los procesos de remoción en masa y, en general, respecto el daño ambiental en la zona de estudio por las diversas actividades de explotación de recursos, cómo es la deforestación y la minería, por ejemplo. A raíz de esta intervención se determinó que la percepción de los pobladores de dicha zona es que el principal problema es debido a la disminución de lluvias puesto que afecta la producción agrícola significativamente. Durante el verano de 2015 y tras una previa investigación y documentación sobre la región estudiada, se realizó un trabajo de campo en la Cuenca de Motozintla, a las comunidades de El Ciprés, Vicente Guerrero y Ranchería Jocote donde mediante observación participante, se analizó de qué manera los habitantes se sobreponen a las dificultades que trae consigo esta reducción de las precipitaciones. Sin embargo, durante la intervención se determinó que la baja de lluvias no era el único factor que permeaba en la cantidad

de producción, sino que existían diversos factores sociales, culturales, políticos, ambientales y geográficos que contribuyen a la expansión y agravamiento de esta problemática. Una vez hecha la observación participante y conociendo el contexto del lugar, se propuso, desde la visión de las ciencias sociales, diversas soluciones y alternativas de prácticas cotidianas para incrementar la producción y aminorar el impacto de algún fenómeno natural que pudiera estar presente. Algunas de estas recomendaciones son: la realización de investigación en la zona desde un punto de vista interdisciplinario y transdisciplinario, ejemplificación de lo que se realiza en otras comunidades con contextos muy similares, evaluación de la participación social en las comunidades respecto a la resolución de problemas, evaluación ambiental y regulación en la Cuenca de Motozintla y alternativas de financiamiento para los proyectos.

RN-28 CARTEL

DE LA COMUNIDAD AL ESTADO Y VICEVERSA, LA POLÍTICA PÚBLICA COMO ALTERNATIVA ANTE LOS DESASTRES POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN MÉXICO

Alfaro Martínez Jorge Antonio¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM
plejov76@gmail.com

Resumen Los desastres son fenómenos complejos que rebasan en muchos casos las capacidades humanas y están íntimamente relacionados con su actividad, que la hacen vulnerable. La forma en que la humanidad crece y se desarrolla civilizadamente, paradójicamente ha sido irracional y olvidando los preceptos básicos de respeto y conservación de la vida, de tal forma, que se le pone en riesgo incluyendo su entorno. Alentada por un modo de producir y desechar exclusivo de grandes sociedades con grandísimos beneficios para unos cuantos e ineficiente y nocivo para el resto. Una contradicción que intenta perpetuar su avance y desarrollo, destruyendo y deteriorando lo que necesita para vivir. Un sistema contra natura. En este trabajo se investigó el origen de este sistema y la forma en que se ha ido desarrollando e imponiendo en el ámbito histórico y global, así como la manera en que ha influenciado y determinado el impacto de los desastres por procesos de remoción en masa en el presente. Aunque la naturaleza y el impacto de los desastres son globales, no afectan por igual a toda la población. Se considera aportar a un beneficio global, partiendo de un fuerte impulso a los ámbitos comunitarios que más resienten los impactos. Se parte de la idea de disminuir las vulnerabilidades locales, potenciando las capacidades, recursos y relaciones endémicas, como método para una recuperación global, fomentando un nuevo paradigma en materia de convivencia estatal con las pequeñas comunidades y la naturaleza, utilizando sus instituciones oficiales para ello, así como técnicas científicas para la gestión integral del riesgo y la toma de decisiones. Palabras clave: fenómenos complejos; vida; contradicción; ámbitos comunitarios; gestión integral del riesgo; decisiones.

RN-29 CARTEL

SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO MISANTLA PARA DELIMITAR ZONAS DE PELIGRO POR INUNDACIÓN

Huerta Miranda Luis Daniel¹, Simuta Champo Roel¹, Magaña Hernández Francisco², Vargas Gerardo Carlos Eduardo³ y Ballinas González Hector Alonso⁴

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

³Comisión Nacional del Agua, CONAGUA

⁴Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
luis.daniel.92@hotmail.com

Las inundaciones son fenómenos naturales que se convierten en peligros cuando los espacios ocupados por las poblaciones abarcan las llanuras de inundación naturales de un río y, por consecuencia, son afectadas por la acumulación de agua. Por tanto, al producirse un hecho de esta naturaleza las pérdidas humanas, socioeconómicas e incluso ambientales suelen ser muy elevadas. Ejemplo de ellos, es que para 2008 los fenómenos hidrológicos afectaron a nivel mundial a 44.9 millones de personas, con daños económicos valorados en 905 mil millones de US\$ (cita). Dado lo anterior, en México y particularmente en el estado de Veracruz, el volumen de agua arrastrado por el río Misantla que atraviesa la ciudad de Misantla ha producido en diversas ocasiones afectaciones físicas y económicas, por mencionar alguna se tiene el colapso parcial de la estructura del puente principal de la ciudad sucedido en septiembre de 2013 aunado a la pérdida de vidas humanas. Una de las principales causas de esto es el volumen de agua precipitado en la cuenca a la cual pertenece la zona mencionada y la falta de planeación urbana y obras hidráulicas para la prevención de este tipo de afectaciones. Con base en lo anterior, en el presente trabajo se presentan los resultados de la modelación hidráulica del río en cuestión mediante el software Hec-Ras v.5.0.1 utilizando su modelo bidimensional y de este modo delimitar las zonas de peligro por inundación considerando el modelo digital de elevaciones del Centro de Censores Remotos de Japón (RESTEC), así como conclusiones parciales del trabajo.

RN-30 CARTEL

RESPUESTA HIDROGEOLÓGICA DE LA BARRANCA MONTEGRANDE EN EL VOLCÁN DE COLIMA Y SU RELACIÓN CON LA FORMACIÓN DE LAHARES

Martínez Valdés Judith Ivonne¹ y Capra Lucia²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM
jim@ciencias.unam.mx

Los lahares (flujos de agua y sedimentos que se originan en la ladera de un volcán) son eventos muy comunes en las principales barrancas del Volcán de Colima durante cada temporada de lluvia y representan un peligro latente para las poblaciones cercanas. Con el propósito de generar mapas de peligro que pronostiquen el posible alcance de lahares generados en la barranca Montegrando del sector sur del Volcán de Colima, se han realizado diferentes escenarios bajo diferentes condiciones meteorológicas. En particular, con base en el análisis de los datos de lluvias que en el pasado ha generado lahares y en las condiciones de los suelos presentes en la barranca (cubierta vegetal, capacidad de infiltración..), se generaron diferentes escenarios simulando tres tipos de lluvias en la cuenca hidrográfica de Montegrando. A partir de las descargas máximas obtenidas por cada escenario, se simuló flujos de escombros con concentraciones de sedimentos similares a eventos observados. A partir de las simulaciones se obtuvieron mapas de susceptibilidad a inundación por lahares bajo diferentes características del evento hidrometeorológico asociado.

RN-31 CARTEL

DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD DE SANTA TERESA: BASES PARA EL DESARROLLO DE UN PROCESO DE GESTIÓN DEL RIESGO DESDE LAS POBLACIONES

Garduño González Ana Belén¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM
anabehebakn.n@gmail.com

Para desarrollar un sistema de prevención de desastres es necesario trabajar a partir de las valoraciones de la vulnerabilidad, los peligros y el riesgo, así como las medidas de prevención que es posible y necesario desarrollar en una localidad. En esta investigación se desarrolla un plan de acción para generar un proceso de autogestión del riesgo que considere el proceso cíclico de la prevención. Actualmente se tiene previsto un modelo de intervención transdisciplinario en su fase diagnóstica el cual será aplicado en la comunidad de Unión Juárez en el estado de Chiapas. En un primer momento se ha seleccionado la localidad de Santa Teresa como lugar de intervención. El diagnóstico desarrollado recogerá datos acerca de la construcción conceptual del desastre, las acciones preventivas y la percepción y ubicación del riesgo existente, así como un cúmulo de información sobre las características de la comunidad que permitan desarrollar una estrategia de intervención a largo plazo. La comunidad de Santa Teresa es una localidad con una población de aproximadamente 123 habitantes y se seleccionó de entre cuatro localidades de Unión Juárez debido a la existencia de elementos de seguridad, espacios de socialización comunes a todos los miembros y la disposición al trabajo. Se espera encontrar nuevas acciones preventivas coordinadas por la población en su conjunto, si bien en teoría existe un consejo comunitario de protección civil. Además, por el reconocimiento de la zona se considera que el impacto social por deslizamientos sería el principal problema en el área. Finalmente, se espera contar con la participación de diversos miembros de la comunidad que se comprometerán al desarrollo de acciones que mejoren las condiciones de seguridad y reconocimiento de su localidad.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizador:
Vsevolod Yutsis

SED-1

ACERCA DEL CONTROL ESTRUCTURAL EN LA SEDIMENTACIÓN DEL MIOCENO TARDÍO EN EL PALEO-LAGO JUCHIPILA, ZACATECAS, MÉXICO

Aranda Gómez José Jorge¹, Carranza y Castañeda Oscar¹, Wang Xiaoming², Tseng Jack³, Pacheco Adolfo⁴ y González Norma⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Natural History Museum of Los Angeles County

³University of New York at Buffalo

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

jag@geociencias.unam.mx

Una secuencia continental de relleno de graben, compuesta por sedimentos fluvio-lacustres y, en menor proporción, por tobas de caída y arenas eólicas está parcialmente expuesta adentro del valle del río Juchipila en la parte SE de la Sierra Madre Occidental. Lahiere (1982) y López (1991), en tesis de maestría de la Universidad de Nuevo Orleans, reconocieron lito-facies sedimentarias, volcánicas y volcano-sedimentarias que les permitieron documentar sucesiones correspondientes a ambientes de depósito perimetrales (de abanico aluvial y fluviales), transicionales (fluvio-deltáicas y lacustres de agua somera) y centrales con relación a un paleo-lago del Mioceno tardío. Lahiere y López documentaron la parte media del valle fluvial, entre Apozol y Alameda de Juárez, encontrando en los alrededores del pueblo de Juchipila el área con sedimentos de la asociación central del paleo-lago, que por las características de sus sedimentos era de agua dulce y relativamente somero. Con relación a la distribución espacio-temporal de las ambientes deposicionales registrados por los sedimentos, ambos autores señalaron que éstos son complejos debido a que se presentan cambios súbitos – verticales y laterales – en las lito-facies en todas las secciones por ellos estudiadas. La complejidad estratigráfica en la cuenca fue atribuida a la presencia de numerosas fallas con distintas edades (pre-, sin- y post-sedimentarias). Nuestro interés en la cuenca se relaciona a la existencia de localidades con vertebrados fósiles de la parte temprana del Hemioceno tardío (Hh2). Edades (U-Pb, zircón) de tobas de caída en las localidades fosilíferas establecen con certeza que entre 6.95 y 5.59 Ma existió una fauna abundante y diversa de vertebrados que habitaban las zonas cercanas al paleo-lago. La prospección de fósiles nos ha llevado a sitios afuera del área estudiada por Lahiere y López, entre Apozol y Tabasco, encontrando en ellos asociaciones estratigráficas perimetrales y transicionales de paleo-lagos. Como previamente había sido establecido, hallamos cambios súbitos, verticales y laterales, en la distribución de litofacies que interpretamos como evidencia de la existencia contemporánea (con base en la fauna fósil) de al menos dos cuerpos de agua separados por un alto estructural formado por ignimbritas basculadas del Mioceno temprano. Cartografía geológico-estructural de reconocimiento entre Moyahua y Tabasco muestra tres áreas adentro del graben en donde afloran bloques inclinados de rocas volcánicas limitados por fallas normales. Nos referimos a cada área como los “altos estructurales” de Juchipila, Apozol y Huanusco por el poblado más cercano a ellas. Creemos que dos de los altos formaban islas o penínsulas que se proyectaban adentro de los dos paleo-lagos, influyendo así en la distribución de ambientes perimetrales, transicionales y centrales en cada lago. Con base en la inclinación de las ignimbritas en los altos y la proximidad con escarpes de fallas mayores en las márgenes del graben, se interpreta al alto de Apozol como una zona de transferencia intercuenas entre fallas de borde antitéticas, en tanto que los altos de Juchipila y Huanusco son zonas de transferencia intracuenas. PAPIIT 100416 y 102817.

SED-2

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y LITOESTRATIGRÁFICO DE LOS DEPÓSITOS LACUSTRES Y PROPUESTA NOMENCLATURAL DE LA “FORMACIÓN CERRITOS COLORADOS”, CALDERA DE LA PRIMAVERA, GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto¹, Radilla-Albarrán Ulises Alejandro², Saucedo Girón Ricardo³, Macías José Luis⁴, Salinas-Ocampo Ulises² y Sánchez-Núñez Juan Manuel⁵

¹Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UASLP

²Posgrado en Geología Aplicada, Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

³Instituto de Geología, UASLP

⁴Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁵Instituto Politécnico Nacional - CIEMAD

magonegro_2000@hotmail.com

La caldera de la Primavera se localiza al occidente de Guadalajara, Jalisco, es una depresión formada por el vaciado de la cámara magmática como consecuencia de su colapso, generando con ello las condiciones para la instauración de un sistema lacustre que fue controlado por la morfología, clima y reactivación volcánica del sitio. El análisis sedimentológico y estratigráfico permiten establecer el desarrollo de dos sistemas lacustres en la caldera de La Primavera, denominados como el sistema de La Venta del Astillero y el sistema Nejahuete. El sistema de Venta del Astillero litoestratigráficamente presentan de base a cima los siguientes miembros: limo-arenoso, areno-gravoso, brechoso (mega pómez), arenoso y limoso. El análisis sedimentológico de este sistema indica que la evolución vertical inicia con una atapa de overfilled relacionado con aporte de sedimentos y baja tasa de subsidencia, conformado por los sistemas fluvio-lacustres, después una

etapa de relleno balanceado, donde el aporte de sedimentos es igual al espacio de acomodamiento y la tasa de subsidencia varían de baja a alta y está caracterizado por sistemas fluviales e hiperpiales, la última etapa corresponde a una etapa underfilled donde el aporte de sedimentos es menor al espacio de acomodamiento y la tasa de subsidencia es de moderada a alta, caracterizada por sistemas lacustres. Las direcciones de paleocorrientes varían de SE a NW. Se presentan litoestratigráficamente el sistema de Nejahuete de base a cima presenta los siguientes miembros: areno-limoso, limoso, brechoso (mega pómez), gravoso, areno-limoso y brechoso. La información sedimentológica indica que este sistema evoluciona de una etapa overfilled conformada por sistemas fluvio-lacustres, una etapa de underfilled caracterizada por sistemas lacustres y fluviales y finalmente una etapa de overfilled constituida por sistemas turbidíticos y fluvio-deltaicos. Las direcciones de paleocorrientes para este sistema varían de NE a SW. Las características estratigráficas y sedimentológicas permiten proponer de manera informal a estos sistemas lacustres como “formación Cerritos Colorados”, conformada por los miembros Venta del Astillero y Nejahuete.

SED-3

ICNOFÓSILES DE LA FORMACIÓN TEPETATE, BAJA CALIFORNIA SUR, COMO INDICADORES DE DIFERENTES AMBIENTES DE DEPÓSITO DURANTE EL PALEOCENO Y EOCENO

Schwennicke Tobias¹, Plata Hernández Elvia¹, González Díaz María Guadalupe², De la Cruz Roblero Cristian Yoana¹, Cortés Martínez Mara Yadira¹ y Pérez-Venzor José Antonio¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²UNAM

tobias@uabcs.mx

Los icnofósiles han demostrado ser una herramienta importante y deben ser consideradas en interpretaciones de ambientes de depósito. La Formación Tepetate (Paleoceno – Eoceno medio) aflora en la parte central de Baja California Sur y fue depositada en una cuenca de antearco. La parte inferior de la unidad tiene una edad de Paleoceno y está dominada por lodolita con pocas intercalaciones de capas y paquetes de capas de arenisca. La lodolita varía de laminada a bioturbada donde se reconoció Chondrites isp. Las capas de arenisca reflejan un origen turbidítico y en diversas localidades contienen los icnofósiles Bichordites monastiriensis, Chondrites isp., C. intricatus, C. targionii, C. affinis, Cosmorhaphie isp., Halopoa imbricata, Helminthopsis isp., Megagraptus isp., Ophiomorpha isp., O. annulata, O. nodosa, O. rudis, Palaeophycus isp., Paleodictyon isp., Phycosiphon isp., Phymatoderma alcinornis, Planolites isp., Rhizocorallium isp., Scolicia prisca, S. strozzii, Taenidium cameronsis, T. serpentinum, Thalassinoides isp., T. suevicus, Zoophycus isp. Se pueden distinguir icnofósiles pre y post turbidíticos. En las diferentes localidades, estos icnofósiles representan icnocenosis dentro de la icnofacies Nereites, lo que apoya la interpretación de un ambiente profundo. Es notable la escasez de icnofósiles gráficos. Con base en el conjunto de las características icnológicas y sedimentológicas se proponen ambientes batiales, influenciadas por corrientes de turbidez. Por otro lado, la porción superior de la Formación Tepetate, con una edad de Eoceno, está compuesta por arenisca, arenisca bioclástica, limolita y lodolita. Generalmente existe abundante bioturbación en estas rocas y son comunes macrofósiles. La lodolita señala condiciones tranquilas pero oxigenadas, mientras que los paquetes de arenisca reflejan un mayor nivel de energía incluyendo la incidencia de tormentas. Icnofósiles presentes en lodolita son de Chondrites isp. y otros no identificados. En capas de arenisca se registra Ophiomorpha isp., O. nodosa, Planolites isp., Palaeophycus isp., Skolithos isp., Taenidium isp., Teichichnus isp., Thalassinoides isp., T. suevicus, T. paradoxides. Las icnocenosis en las areniscas de las diversas localidades eocénicas generalmente concuerdan con la icnofacies Cruziana y en conjunto con los rasgos sedimentológicos sugieren ambientes en la plataforma continental profunda a somera. Los resultados obtenidos hasta el momento revelan el gran potencial icnológico de la Formación Tepetate.

SED-4

INFLUENCIA DE LAS CORRIENTES DE FONDO EN LA SEDIMENTACIÓN CUATERNARIA EN LA ZONA DE CEARA RISE, ATLÁNTICO ECUATORIAL OCCIDENTAL

Yutis Vsevolod¹, Murdmaa Ivar², Levchenko Oleg² y Borisov Dmitry²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia vsevolod.yutis@ipicyt.edu.mx

The aseismic Ceara Rise constrains in the south the deep-water pathway of the cold Antarctic bottom water (AABW) from the South Atlantic to the western North Atlantic between the continental margin of South America and the Mid-Atlantic Ridge (MAR). North Atlantic deep water (NADW) moves above the AABW to the south. The very high resolution seismic profile obtained by the SES-2000 deep parametric sub-bottom echo-sounder (4-5 kHz) during cruise 35 of the R.V. Akademik Ioffe follows in NWN – SES direction from the western flank of the Mid-Atlantic Ridge (MAR), across the Ceara Rise, to the Ceara abyssal plain, where the gravity core AI-2559 was retrieved at the water depth of 4250 m. The high-resolution seismic profile across the Ceara Rise reveals widespread development of sediment waves on its northern slope and summit suggesting reworking of Quaternary pelagic sediments

by contour currents of AABW at water depths of more than 4000 m and NADW above the water depth of 3000 m. Activity of bottom currents was less prominent at depths 3000 – 4000 m where the northern slope is bathed by the mixed waters between these major water masses. Deposition of contourites instead of pelagites which were postulated in previous comprehensive studies by the scientific party of ODP Leg 154 (Curry, Shackleton, et al., 1995; Harris et al., 1997) did not disturb the orbitally forced alternation of more clayey layers (deposited during glacials) and more calcareous (interglacial) layers in the Quaternary sections recovered at the ODP sites. The contourite concept helps to explain some specific features of the sedimentary structure noted in borehole sections. In turn, the oxygen isotope data by Bickert et al. (1997) can be used for dating of continuous seismic reflectors. This work is a contribution to the project 0149-2014-0029 funded by the P.P. Shirshov Institute of Oceanology and the research projects 14-05-00744 funded by the Russian Foundation for Basic Research.

SED-5

SUCESIÓN VOLCANO-SEDIMENTARIA PLIO-PLEISTOCÉNICA EN LAS SIERRAS DE AGUAJITO Y REFORMA, BAJA CALIFORNIA SUR. ¿EVIDENCIA DE LA EXTENSIÓN NORTE DE LA CUENCA DE SANTA ROSALÍA?

Lira-Beltrán R. Marcela¹, Macías José Luis¹, González-Barba Gerardo²,
García-Sánchez Laura¹, Osorio Ocampo Susana¹, Solís Añorbe
Citlalli Azucena², García Tenorio Felipe¹ y Pacheco Erick Iván¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Museo de Historia Natural, Universidad Autónoma de Baja California Sur
marcelalirabeltran@gmail.com

La cuenca de Santa Rosalía se localiza en la margen oeste del Golfo de California y ha sido ampliamente estudiada por albergar depósitos de interés económico dentro de la Formación Boleo. La cuenca se caracteriza por presentar formaciones marinas del Mioceno Superior al Pleistoceno relacionadas con la apertura del Golfo de California. Algunos autores mencionan que el extremo norte de la cuenca de Santa Rosalía se encuentra por debajo de la caldera de la Reforma, sin hacer referencia a las secuencias aflorantes. Las formaciones que rellenan la cuenca se agrupan con base en discordancias y contenido fósil en: Formación Boleo (Mioceno Superior), Formación Tirabuzón (Plioceno) y Formación Infierno (Plioceno-Pleistoceno). La Formación Tirabuzón corresponde a secuencias de areniscas y conglomerados marinos del Plioceno Medio con espesores mayores a 180 m. La litología más característica corresponde a una arenisca fosilífera que pasa de manera transicional hacia la costa del Golfo a limolita masiva y mudstone. La Formación Infierno se caracteriza por areniscas y conglomerados fosilíferos. Las dos formaciones contienen abundantes fósiles con un buen grado de preservación. La zona de estudio incluye las sierras de Aguajito y Reforma (calderas volcánicas) ubicadas al norte de la cuenca. Las rocas más recientes corresponden a depósitos volcánicos de las calderas La Reforma (1.3 Ma) y El Aguajito (1.1 Ma), las cuales sobreyacen a una extensa secesión vulcanosedimentaria plio-pleistocénica de más de 150 m de espesor que se correlaciona con las formaciones Infierno y Tirabuzón de la cuenca de Santa Rosalía. Se han levantado 44 columnas estratigráficas detalladas y 79 puntos de control donde se han realizado descripciones litológicas y toma de muestras de fósiles, observando que la sucesión está conformada por flujos piroclásticos, flujos de lava, peperitas, grainstones, mudstones, limolitas, areniscas y conglomerados. Las rocas sedimentarias marinas se caracterizan por un alto contenido fósil como bivalvos de la familia Pectinidae, equinodermos, dientes de tiburón, rayas, dientes de peces, huesos de mamíferos marinos y en menor proporción moldes internos de gasterópodos. También se han encontrado horizontes muy bioturbados y presencia de icnofósiles (madrigueras de Panopea sp.), indicadores de actividad orgánica durante ese intervalo de tiempo. En cuanto a los depósitos volcánicos se infiere que fueron depositados en ambientes marinos y subaéreos. Con base en las relaciones estratigráficas observadas en campo, litología, geocronología y el contenido fósil encontrado, es posible correlacionar estas secuencias con los depósitos de la cuenca de Santa Rosalía (Formación Infierno y Tirabuzón), lo que permite establecer una extensión del margen norte de la cuenca hasta la localidad de Santa Ana al norte de la sierra de Aguajito. Finalmente, cabe mencionar que este es el primer reporte formal de vulcanismo submarino previo a la formación de las calderas de La Reforma y Aguajito.

SED-6

ANÁLISIS DE ALGUNOS ASPECTOS DE LA SUCESIÓN FLUVIO-LACUSTRE EN LA PALEO-CUENCA TEOCALTICHE

González Cervantes Norma, Aranda Gómez José Jorge,
Carranza y Castañeda Oscar y Ortega Obregón Carlos
Centro de Geociencias, UNAM
norma@geociencias.unam.mx

La paleo-cuenca Teocaltiche, burdamente ubicada entre Aguascalientes, Yahualica y San Juan de los Lagos, proporciona, a través de los rasgos de sedimentación fluvio-lacustre, información indirecta sobre actividad volcánica-tectónica durante el Mioceno medio-tardío en esta región. El registro sedimentario en una de las columnas estratigráficas descritas en San Nicolás, Jalisco, es interpretado como la parte más profunda del paleo-lago hasta ahora identificada en el área. Esta columna está formada por dos secuencias sobrepuestas de litofacies correspondientes

a un ambiente de lacustre abierto, que representan los depósitos en el centro del paleolago y en menor medida litofacies marginales (llanuras fluviales de inundación-depósitos palustres) y ambientes lacustres transicionales (talud de plataforma), los cuales se encuentran en su mayoría de mediana a altamente bioturbados. En la base de la sucesión que representa a los depósitos centrales se observan series rítmicas de capas de limo y pedernales color negro, café o blanco y, hacia la cima hay capas de limo y limo-arena con ostrácos y diatomeas abundantes. En las litofacies marginales se observan un paleosuelo, capas de arena de grano medio y fino con raíces y huesos abundantes de aves pequeñas, mientras que en las sucesiones correspondientes a plataforma hay capas de arena fina bioturbada y colchones de algas. En la parte superior de la columna hay capas de ceniza con estructuras de slump y capas de lapilli con gradación inversa intercaladas con los sedimentos lacustres. Las estructuras pequeñas de slump se encuentran intercaladas entre depósitos limo-arenosos no deformados de plataforma y es probable que se originaran por deslizamientos subacuáticos causados por sismos. Así mismo, en el sitio en donde se midió y describió esta columna aflora una falla normal de dirección N15°E, 75°SE. En la zona de Belén del Refugio, ubicada más al norte de donde se levantó la columna de San Nicolás, también se han documentado fallas normales con actitudes estructurales similares en sedimentos lacustres intercalados con cenizas volcánicas con edades isotópicas 9.19 ± 0.18 Ma (U/Pb, zircón). Se concluye que la tectónica estaba activa durante la acumulación de estos sedimentos lacustres, lo que formó fallas normales con desplazamientos pequeños y la formación de sismitas. La intercalación de capas de piroclastos en los sedimentos lacustres demuestra que hubo vulcanismo contemporáneo a la sedimentación. La gradación inversa en los horizontes lapilli indican que éstos se depositaron en agua, lo que hizo flotar a los fragmentos pómez más grandes mientras que los piroclastos más finos se precipitaran, formando así la gradación inversa. La repetición vertical de la secuencia define al menos dos ciclos, los cuales son el resultado de transgresión y regresión de la línea de costa del lago en respuesta a los cambios de nivel del agua. Es probable que la fluctuación sea el resultado de una combinación de cambio de clima y subsidencia por tectónica durante el depósito de los sedimentos. Los fósiles de aves nos indican la abundancia de la fauna para este periodo en esta zona. PAPPIIT-100416 y 102817.

SED-7

ESTUDIO DE VOLCANES FREATOMAGMÁTICOS (MAARES) EN EL CAMPO VOLCÁNICO LOS TUXTLAS: RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS Y ESTRATIGRAFÍA

Montes Ramos Dessire², Wogau Chong Kurt², Böhnel Harald² y Sieron Katrin³

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Centro de Geociencias, UNAM

³Centro de Ciencias de la Tierra, UV
mont.des@gmail.com

El Campo Volcánico Los Tuxtlas (CVLT) comprende más de 350 edificios volcánicos, de los cuales 41 son del tipo maar y sólo 13 de ellos albergan lagos cratéricos actualmente. Estos lagos, que se crean al finalizar la fase eruptiva de los cráteres de explosión, contienen valiosa información preservada en sus depósitos sedimentarios. Representan un caso especial como medio sedimentario, ya que el borde del cráter los aísla del aporte de sedimentos de fuentes externas. Con una baja tasa de sedimentación predominantemente biogénica y el aporte de sedimentos de la misma barrera cratérica se crean sedimentos finamente laminados (varvados). No obstante, el clima condiciona de manera importante los procesos físicos y biológicos que controlan la sedimentación, lo que tiene implicaciones en el tipo de sedimento observado en maares de la zona de los Tuxtlas, Veracruz. Además de registrar secuencias sedimentarias relacionadas a variaciones climáticas, estos lagos preservan importante información de actividad volcánica, variaciones en la susceptibilidad magnética, contenido de restos de organismos, entre otros. Se llevó a cabo la perforación de dos lagos maares de la porción NW del CVLT. Los núcleos recuperados fueron utilizados para establecer estratigrafía de cada sitio, así como para fechamientos por C14 y granulometría. Resultados preliminares indican variaciones no estacionales en las secuencias sedimentarias de los lagos. Los resultados aportarán nueva información sobre las condiciones limnológicas, así como del vulcanismo en el CVLT.

SED-8

ESTRATIGRAFÍA, SEDIMENTOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN CHICONTEPEC (PALEÓGENO) EN EL NORTE DE LA CUENCA TAMPICO-MISANTLA, MÉXICO

González Díaz María Guadalupe, Lawton Timothy F. y Juárez Arriaga Edgar
Centro de Geociencias, UNAM
mg.gonzalezd@hotmail.com

Análisis petrográficos, edades U-Pb en circones detríticos y direcciones de paleocorrientes son empleados para determinar fuentes potenciales de sedimento de la Formación Chicontepec en el norte de la cuenca Tampico-Misantla (CTM). La CTM es una cuenca de antepaís tipo retroarco en la margen noreste-centro de la región costera del Golfo de México, delimitada al oeste por la Sierra Madre Oriental (SMO). La CTM incluye la cuenca Chicontepec donde aflora la Formación Chicontepec expuesta con una tendencia NW-SE. Una sección medida de 230 m cerca a la población de Axtla de Terrazas se compone por alternancias de lutitas

y areniscas de esta unidad. Comúnmente las areniscas tienen gradación normal exhibiendo variaciones de estratificación paralela, cruzada y ondulada; además, presentan marcas de flauta con dirección de paleotransporte al SE. El análisis de nanofósiles sugiere una edad de Paleoceno temprano (Daniano) para las rocas de esta localidad. Las edades U-Pb de circones detríticos indican una edad máxima de depósito de 63 ± 1 Ma (Daniano). Descripciones de campo muestran que el ambiente de depósito para los estratos en áreas aledañas de Axtla, Tamazunchale y Tecacahuaco es marino profundo con facies de abanico submarino, lóbulos y canales de lóbulos. Por otro lado, el núcleo S-2 de 175 m del área de Acatépec incluye lutitas, areniscas y conglomerados con películas y fragmentos de bitumen. Estudios previos asignan una edad de Eoceno Inferior para los estratos de esta área y un ambiente deposicional caracterizado por paleocañones. No obstante, las rocas tienen características de relleno de canales, incluyendo conglomerados basales y debritas en la parte inferior del núcleo. Se identificaron nanofósiles que definen una edad de Eoceno temprano (Ypresiano). Circones detríticos apuntan una edad máxima de depósito de 52 ± 2 Ma en Acatépec y de 52 ± 0.4 Ma en Río Calabozo (Ypresiano). La petrografía de areniscas permite determinar una dominancia de granos líticos sedimentarios carbonatados extracuenca y los diagramas ternarios indican una fuente de orógeno reciclado para los componentes. Nanofósiles del Campaniano-Maastrichtiano presentes en lutitas intercaladas en la sección de Axtla probablemente fueron derivados de la Formación Méndez levantada durante el avance de la cuña orogénica. Algunas muestras de circones detríticos tienen granos de edad Mesozoica, en Axtla marcan picos de ~ 127 , ~ 96 y ~ 85 Ma, mientras que en Acatépec definen picos de ~ 110 y ~ 80 Ma, los cuales sugieren como fuentes a estratos de la SMO ricos en granos de esas edades. Las rocas de esta unidad fueron depositadas en una cuenca de antepaís en aguas marinas profundas reflejadas en las sucesiones turbidíticas. Los resultados petrográficos, bioestratigráficos y los circones detríticos indican que las fuentes principales del sedimento estuvieron en el cinturón de pliegues y cabalgaduras de la SMO, directamente al oeste de la cuenca. Considerando la litología, direcciones de transporte de sedimentos y los datos de procedencia se propone un modelo sedimentológico de transporte axial al sureste, durante el desarrollo de un sinclinal de acortamiento que afectó el estilo de sedimentación en la cuenca Chicotepec.

SED-9 CARTEL

GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE PALO ALTO, AGUASCALIENTES

Cruz Jiménez Marcos Benjamín, Rojas Beltrán Marco Antonio y Becket Lailson Samuel
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
cruzbenja@gmail.com

En el Estado de Aguascalientes, se han documentado varios sitios arqueológicos; sin embargo, no existen trabajos de geología que ayuden a comprender de forma integral los sitios reportados. Entre los objetivos de este trabajo, está establecer la geología y estratigrafía del sitio arqueológico de Palo Alto (SAPA). Este sitio se ubica en el municipio de El Llano, en el borde oriental del Estado. A partir de 2 campañas de campo en el sitio, trabajadas en forma conjunta entre un equipo de estudiantes de arqueología y otro equipo de estudiantes de geología; se ha establecido de forma preliminar la estratigrafía y la arqueología de la zona. Regionalmente, el SAPA, se localiza en el borde occidental de la Mesa Las Peñadas, la cual previamente se ha cartografiado como una extensa unidad de ignimbritas de composición riolítica. En este trabajo se establece una columna estratigráfica que consta de la base a la cima: Un basamento pre-terciario, probablemente del cretácico inferior, el cual consta de escasos afloramientos de una secuencia arcillo-arenosa, que forma capas delgadas, y las cuales están fuertemente plegadas y falladas. Luego de una discordancia erosional, sigue un paquete de rocas volcánicas, de edad terciario medio, que consta de 5 unidades: 1) riolita, 2) riolita reemplazada por sílice, 3) Toba-arenosa con fragmentos de vitrificado y obsidiana, 4) ignimbrita masiva y 5) ignimbrita en lajas. La importancia del trabajo interdisciplinario, es que el equipo de arqueología ubica el yacimiento de artefactos líticos; mientras que el equipo de geología señala que el SAPA se ubica en la unidad de riolita reemplazada por sílice. En esta unidad, además se reporta la existencia de algunos abrigos rocosos con evidencias de ocupación humana (costras de rocas quemadas y pinturas rupestres muy deterioradas), y de posible uso como minas para extracción de materiales líticos. Actualmente se trabaja en la cartografía del horizonte de riolita silicificada, para delimitar su extensión y en particular para ubicar otros sitios arqueológicos no detectados previamente. Adicionalmente, se reporta la existencia de una unidad de toba, con fragmentos de obsidiana, de hasta 8 cm; los cuales pudieron haber sido la fuente de materia prima para la elaboración de puntas de flecha. Lo cual puede interpretarse como una posible fuente local para la manufactura de este tipo de artefactos culturales; sin que necesariamente involucre rutas de comercio con fuentes lejanas.

SED-10 CARTEL

REVISIÓN ESTRATIGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LA SECUENCIA DEL ARCO DE ISLAS DEL CRETÁCICO TEMPRANO EN LA PARTE CENTRAL DE ZACATECAS

Hinojoza-Jáquez Adilene¹, Escalona-Alcázar Felipe de Jesús², Castro-Larragoitia Guillermo Javier², Piñero-Fernández José Fernando³, Ortega-Martínez Emmanuel⁴, Rojas Beltrán Marco Antonio², Bluhm-Gutiérrez Jorge² y Argüello-González Sandra Janet³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ

²Facultad de Ingeniería, UASLP

³Servicios Especializados Peñoles S.A. de C.V.

⁴Departamento de Geología, CICESE

ady_pimpollito@hotmail.com

En la parte occidental de la Mesa Central, en el estado de Zacatecas, el arco de islas del Cretácico Temprano, denominado Complejo Las Pilas, está asociado con el origen y evolución del Terreno Guerrero. Este Complejo ha sido estudiado con diferente detalle en Fresnillo, la sierra de Zacatecas y la parte NW de la sierra Fría. En este trabajo se presentan los resultados de la estratigrafía, procedencia de sedimentos y geoquímica de la parte norte de Pánuco, la parte NW de la sierra Fría y de Casa Blanca, Zacatecas. La secuencia estratigráfica está formada por derrames de lava que varían en composición de basalto a andesita basáltica; con estructura masiva y almohadillada, y fracturamiento que varía de moderado a intenso. Los derrames de lava están interestratificados con secuencias turbidíticas en las que los estratos de arenisca y lutita tienen en promedio de 20 cm de espesor y, en los de arenisca alcanzan hasta 40 cm. Las areniscas son principalmente arcóscas y en menor proporción líticas con poco cuarzo. Ocasionalmente hay interestratificadas capas de caliza y de pedernal de menos de 15 cm de espesor. Las turbiditas son más abundantes hacia el norte de Pánuco; en cambio en la sierra Fría y Casa Blanca solamente ocupan la parte media de la secuencia. En Pánuco la secuencia está cortada por lacolitos dioríticos o de cuarzo-diorita, uno de los cuales fue fechado por el método U-Pb en circones en 126 Ma (comunicación personal con Molina-Garza, 2016). En la parte NW de la sierra Fría y en Casa Blanca la secuencia turbidítica está cortada por diques y sills máficos cuyo espesor varía de unos cuantos centímetros a poco más de 3 m. En todos los sitios la secuencia muestra alteración hidrotermal que se presenta como cloritización, oxidación y silicificación que varían de pervasiva a selectiva. Toda la secuencia está cortada por vetillas de cuarzo y de calcita. Geoquímicamente se analizaron 19 muestras; el patrón de tierras raras medias y pesadas es plano y en las tierras raras ligeras se observa un pequeño enriquecimiento. Además hay una pequeña anomalía negativa de Eu, lo que indica la remoción de la plagioclasa. En los diagramas multielementales se observa una tendencia general de enriquecimiento en los elementos LILE, la anomalía de Nb-Ta está bien definida y los elementos HFSE tienen tendencia sub-horizontal. Las tendencias definidas en los diagramas de tierras raras, multielementos y de discriminación tectonomagmática sugieren que la secuencia se formó en un arco de islas. También, la procedencia de sedimentos es de un arco volcánico, es decir, la fuente es local. La geoquímica y procedencia de sedimentos es consistente en los nuevos sitios con los reportados previamente en la sierra de Zacatecas. Por lo anterior, con los resultados obtenidos en las nuevas áreas aquí reportadas, en las que se describe el Complejo Las Pilas, permiten ampliar su extensión y distribución geográfica y contribuye con el conocimiento sobre la evolución y origen del Terreno Guerrero en esta parte de la Mesa Central.

SED-11 CARTEL

VARIACIÓN DE LOS ELEMENTOS GEOQUÍMICOS MAYORES Y TRAZA EN LOS SEDIMENTOS LAMINADOS DEL HOLOCENO TARDÍO DE CUENCA ALFONSO, BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Pérez Burguez Mara Yavari¹, Muthuswamy Ponniah Jonathan², Herguera Juan Carlos³ y Aguirre Fernando⁴

¹UABCS

²CIEMAD-IPN

³CICESE

⁴CICIMAR-IPN

marayavari6@gmail.com

Ubicada en la parte norte de Bahía de La Paz, destaca la depresión de origen tectónico Cuenca Alfonso (CA), con una profundidad máxima de 420 m., por debajo de los 200 m las condiciones son hipóxicas ($O_2 < 0.2$ ml/L), limitan la bioturbación haciendo posible que los sedimentos holocénicos se preserven a manera de varvas, con laminaciones claras de material mayormente biogénico ($CaCO_3$ y $BioSi_2$) y oscuras donde predomina material litogénico (limo y arcillas). La tasa de acumulación de sedimentos calculada a través de mediciones independientes con núcleos es de 0.3-0.5 mm/año. Analizando el material colectado por las trampas de sedimento instaladas en CA se ha demostrado que el viento juega un papel importante en el transporte del componente terrígeno, durante años de menor precipitación estos aportan cerca del 80% del material colectado. Durante eventos intensos ocasionales (huracanes) las microcuencas del oeste de la bahía transportan a veces más sedimentos que años o décadas de procesos erosivos normales, sin embargo, aún en ausencia de lluvias el aporte de material litogénico persiste a través de transporte eólico (~40%). Con el fin de conocer la composición y variación del material sedimentario terrígeno depositado en CA, se trabajó con una

losa perteneciente al núcleo de caja PCM00-29C (24.63° N -110.62° W) colectado en el 2000 a 410 m de profundidad, la longitud del núcleo es de ~31 cm, lo que corresponde a ~700 años. Una porción de muestra del núcleo ha sido analizada para conocer la fracción biogénica incluyendo los coccolitóforos. Para el procesamiento de las muestras se obtuvo una radiografía del núcleo que mostro claramente las laminaciones de la loza, siguiendo estas se corto en 96 muestras. En general el espesor de las láminas está entre 5-7 mm lo que equivale a una resolución de 10-15 años. Una fracción de muestra seca y homogenizada (300 mg) se envió al CIEMAD-IPN para ser analizada por ICP-MS para una amplia gama de elementos mayores (Al, Fe, Sc) y traza (As, Pb, Cu). La hipótesis es que habrá una diferencia estadística significativa en las laminaciones entre los contenidos de elementos terrígenos para las láminas claras y oscuras.

SED-12 CARTEL

ANÁLISIS DE ELEMENTOS TEXTURALES EN CLASTOS DE CAUCE AFLUENTE EN LA SIERRA DE TABASCO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÁREA FUENTE QUE SUMINISTRA LOS SEDIMENTOS

Acosta Pérez Montserrat, García Suárez Daniela, Pinto Herrera Ivonne Margarita y Gómez Hernández Ana Karen
Universidad Olmeca, UO
monseacosta_07@hotmail.com

El presente trabajo tiene como objetivo muestrear un cauce afluente caracterizando los clastos que transporta de acuerdo a la energía de la corriente, para identificar si el tipo de roca es ígnea, metamórfica o sedimentaria. A través del reconocimiento de elementos texturales tales como tamaño, forma, redondez, esfericidad y fábrica; con el propósito de determinar el área fuente o suministro de los sedimentos. La zona de estudio en la cual se adquirieron las muestras corresponde al río Puyacatengo, ubicado en Teapa, Tabasco. Está comprendida en un límite entre las provincias geológicas Pilar Reforma-Akal y el Cinturón Plegado de Chiapas. Como resultado del análisis realizado a los clastos muestreados se identificaron rocas sedimentarias y rocas ígneas. Siendo los granitos los más esféricos y redondeados, debido a un largo transporte. A través de la carta geológica-minera entre los estados de Tabasco y Chiapas se concluye que la aportación proviene de distintas áreas fuente, como la Zona Mineralizada Sata Fe y el Macizo Granítico de Chiapas.

SED-13 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LAS SUCESIONES ARENO-CONGLOMERÁTICAS DEL EOCENO EN LA REGIÓN DE LAS CHOAPAS, VERACRUZ

Coronado-González Margil¹, Centeno-García Elena², Grajales-Nishimura Manuel², Silva Romo Gilberto³, Velasco-Tapia Fernando¹ y Chávez Cabello Gabriel¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto de Geología, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM
maargil08@gmail.com

Se presentan los resultados preliminares del estudio de una porción de la columna estratigráfica del Cenozoico de la Región de Las Choapas, Veracruz, que corresponde al Eoceno. Esta sucesión consiste de una serie de intercalaciones de lutita, limolita, arenisca y conglomerado, depositados en ambientes marinos. El objetivo del estudio es conocer la composición de las diferentes facies que afloran, su edad, procedencia, relaciones estratigráficas y su distribución regional, para así definir su ambiente tectónico y a su vez precisar su lugar en las reconstrucciones paleogeográficas del sureste de México durante el Eoceno. Resalta en la columna estratigráfica un paquete de aproximadamente 50 m de conglomerado, arenisca conglomerática y arenisca gravosa. Las litologías sobre y debajo del paquete conglomerático son similares, e incluyen lutita, limolita y arenisca, la parte inferior presenta pocas estructuras primarias, en cambio, la parte superior muestra pliegues sinsedimentarios (slump), huellas de icnofósiles, calcos de flujo, rizaduras, estratos de lutita de color negro y secuencias de limolita con estructuras de carga. El conglomerado se encuentra constituido principalmente por clastos de tamaño guijarro a canto de rocas intrusivas, como gabros y granitos, algunos de rocas metamórficas, de rocas volcánicas, de lutita, cuarcita y bloques de caliza arrecifal que por sus texturas y bordes sugiere que son intraclastos acarreados de zonas más someras. Se aprecian partes areno-gravosas con base erosiva, con gasterópodos fósiles, así como rizaduras y laminación cruzada. El conglomerado tiene partes con textura clasto-soportada y otras con matriz-soportada; con gradación normal. Las texturas y estructuras primarias sugieren que fueron transportados por flujos de gravedad. La geoquímica de elementos traza realizada en clastos individuales de intrusivos del conglomerado muestra que tienen una afinidad tectónica de arco volcánico y piso oceánico (MORB, IAT). En la petrografía de estos mismos clastos se identificaron: clastos con plagioclasa y ortopiroxeno; otros con feldespato-potásico, plagioclasa, clinopiroxeno y olivino; y otros con cuarzo, feldespato-potásico, plagioclasa, micas y circones, que indican composiciones máficas (gabros y dioritas) y félsicas (granitos). Los clastos presentan diferentes texturas y grados de intemperismo. Rocas máficas de composiciones similares han sido descritas en el terreno Cuicateco, en el Macizo de Chiapas, en el Complejo Guichicovic, y en complejos máficos exhumados por la falla Polochic-Motagua en el bloque Chortis,

en una próxima etapa del proyecto se analizará un mayor número de clastos y se llevaran a cabo análisis isotópicos, con el fin de determinar con mayor precisión la procedencia y su significado paleogeográfico.

SED-14 CARTEL

DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA EN EL MAAR RINCÓN DE PARANGUEO, GUANAJUATO

Sánchez Sánchez Janet y Cerca Mariano
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
janetsan@outlook.es

En este trabajo se presenta la diversidad biológica encontrada mediante secuenciación metagenómica en muestras de estromatolitos, tapetes microbianos, agua y sedimentos del lago tomadas en el cráter maar Rincón de Parangueo. La relación entre las comunidades microbianas que forman estromatolitos y el ambiente geológico en que se desarrollan es un tema de interés tanto para la biología como para la geología. Un caso particular de interés es el desarrollo de estructuras órgano-sedimentarias laminadas producidas por la actividad de comunidades bacterianas en ambientes lacustres dentro de un cráter volcánico. Rincón de Parangueo es un lugar excepcional en el que dichas comunidades pueden ser estudiadas. La variedad de especies dentro de una muestra está determinada por las características físicas y químicas existentes en el medio donde se desarrollan por ejemplo luz, temperatura, pH alcalinidad, salinidad. Rincón de Parangueo es un ambiente muy extremo para el desarrollo de la vida, condiciones como una alta conductividad (165000 µS/cm) y un pH de 10, alta concentración de carbonatos y bicarbonatos de sodio, así como una posible actividad volcánica, han llevado a los microorganismos presentes en el cráter a convertirse en microorganismos muy especializados. Para conocer la diversidad microbiológica en el cráter maar Rincón de Parangueo se realizó un análisis metagenómico, que consistió en la extracción y clonación del ADN de los microorganismos presentes en la muestra para su posterior secuenciación e interpretación filogenética. Los resultados metagenómicos arrojaron 20 especies indicadoras del ambiente geológico de nuestra zona de estudio. Dichas especies son microorganismos hiper especializados que han sido reportadas anteriormente en distintas zonas del mundo con características geológicas similares a Rincón de Parangueo. Por ejemplo, se han reportado las mismas especies en lagos sódicos del este del Rift de África. En chimeneas hidrotermales de sulfuro a 2783 m de profundidad en el mar del suroeste de India. En muestras de agua colectada a 4.5 m de profundidad en un lago haloalcalino con un pH de 10 en la India. En fuentes termales salobres en Japón. En agua subterránea termal con una temperatura de 41°C en un acuífero de Australia. En fuentes termales con temperatura de 50°C y pH 8.9 en Portugal. Muestras de un volcán localizado en Taiwan, con una temperatura de 38°C y pH 8.2, entre otros. Las especies índice encontradas en Rincón de Parangueo sugieren que el cráter aún puede mantener una actividad volcánica pues dichas especies no se podrían desarrollar sin las condiciones adecuadas.

SED-15 CARTEL

PROCEDENCIA DE CLASTOS RIOLÍTICOS EN EL CONGLOMERADO GUANAJUATO: EVIDENCIA DEL INICIO DE UN PULSO MAGMÁTICO MAYOR DEL CENOZOICO

Miranda-Avilés Raúl, Herrera Contreras Daniel, Silva Aguilar Margarita, Ramos Genis María Elena, Puy Alquiza María Jesús, Kshirsagar Pooja, Loza Aguirre Isidro y Lugo Zazueta Raul Ernesto
Universidad de Guanajuato, UGTO
miranda@ugto.mx

El Conglomerado Guanajuato (CG) ha sido descrito en el Distrito Minero de Guanajuato (DMG) y corresponde a una sucesión de areniscas y conglomerados de más de 1500m de espesor, depositados en ambiente fluvial y de abanico aluvial durante el Eoceno-Oligoceno. El CG Sobreyace al complejo basal de la Sierra de Guanajuato y subyace a la cubierta volcánica cenozoica, también denominada "Grupo Volcánico Guanajuato". Ha sido dividido en 2 miembros, el miembro inferior donde predominan clastos de composición volcánica y el miembro superior donde predominan clastos de composición félsica, tanto intrusivos como extrusivos. El miembro superior del CG presenta canales donde el porcentaje de los clastos de composición riolítica varía de 40% al 80 %, con tamaños de 5 a 20 cm, hasta bloques angulares de más de 3 m de diámetro. Tomando en cuenta el contenido de clastos de igual composición, su forma angular, el tamaño y la dirección de flujo, sugerimos una fuente volcánica muy cercana. Por lo que en este trabajo presentamos avances del análisis geoquímico, textural y sedimentológico de los clastos volcánicos del miembro superior del CG. Analizamos posibles escenarios de su origen, entre las que consideramos pueda tratarse del pulso volcánico inicial que dio origen a la cubierta volcánica cenozoica (Grupo Volcánico Guanajuato), que ha sido relacionado con una caldera hipotética en el Distrito Minero de Guanajuato.

SED-16 CARTEL

**EVOLUCIÓN DE LA LAGUNA DE TIMBABICHI
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO DESDE EL
PLEISTOCENO TARDÍO: RESULTADOS PRELIMINARES
BASADOS EN EL ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y
ESTRATIGRÁFICO SUPERFICIAL, DE SUBSUELO
Y TERRAZAS MARINAS CIRCUNDANTES**

Plata Hernández Elvia, Cortés Martínez Mara Yadira,
Schwennicke Tobias y Pérez-Venzor José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
eplata@uabcs.mx

Desde finales del Pleistoceno, cambios del nivel del mar (absolutos y relativos) han influido en el origen y evolución de los ambientes costeros actuales, como lagunas. Variaciones del nivel del mar pueden verse reflejadas en la sedimentación y el contenido biológico, por lo que el estudio de depósitos lagunares es una herramienta geológica para comprender estos cambios costeros. Por ello, el objetivo del presente estudio es conocer la historia evolutiva de la laguna costera de Timbabichi, ubicada 140 km al Noroeste de ciudad de La Paz, mediante el reconocimiento e interpretación de las facies sedimentarias y biológicas de sus depósitos. La laguna tiene 1100 m de largo y 500 m de ancho y se clasifica como del tipo choked; es una de las pocas lagunas costeras que se encuentran en el lado Este de Baja California Sur, con mínima influencia antropogénica. La laguna está rodeada por depósitos de terrazas marinas y fluviales; pequeñas planicies de marea en su parte norte y suroeste, además de una sabkha en su parte suroeste. Como parte de la metodología se colectaron varios núcleos de sedimento y se realizaron zanjas entre 0.5 y 2 m de profundidad en las zonas bajas alrededor de la laguna para reconocer cambios laterales sedimentológicos y biológicos a través del tiempo; además, se cartografiaron y describieron niveles de terrazas marinas para interpretar los ambientes sedimentarios existentes durante el Pleistoceno Tardío. Aunque hasta el momento no se tienen fechamientos radiométricos, la presencia de depósitos en el subsuelo como arena con bioclastos, lodo limoso, horizontes ricos en restos de plantas y foraminíferos bentónicos revela que en el pasado la laguna se extendía más, especialmente en el lado sur. Por otro lado, las terrazas marinas, las cuales sobreyacen discordantemente a depósitos fluviales del Oligoceno, afloran principalmente al Norte y Este de la laguna. Se reconocieron dos niveles diferentes de terrazas. El primero aflora formando lomeríos de hasta 6 m de espesor y se encuentran de 0 m hasta 6 m sobre el nivel del mar. Está compuesto por facies de arenisca coquinoide, caliza fosilífera y caliza arrecifal del tipo arrecife costero. Estos depósitos reflejan ambientes someros de anteplaya hasta playa frontal. El segundo nivel de terrazas, el cual aflora a una altura aproximada de 15 m, se encuentra mal expuesto y alcanza espesores máximos de 1.5 m. Consiste de arenisca coquinoide y conglomerado coquinoide con clastos muy redondos reflejando un ambiente costero. Las terrazas marinas en Timbabichi sugieren que durante el Pleistoceno el nivel del mar fue mayor que el nivel actual. El estudio de las terrazas marinas y los núcleos de sedimento dan pistas de cambios costeros desde el Pleistoceno Tardío y específicamente revelan los cambios morfológicos y sedimentológicos de la laguna.

SED-17 CARTEL

**ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN
BALLENAS EN LA CUENCA DE ANTEARCO
VIZCAÍNO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

Santisteban Mendivil Diana María, Schwennicke Tobias,
Pérez-Venzor José Antonio y Cortés Martínez Mara Yadira
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
dsantistebanm24@gmail.com

En la región de la península de Vizcaíno desde el Cretácico Temprano existió una cuenca de antearco, en donde se formaron depósitos marinos. La mayor parte de dichos depósitos están conformados por el Grupo Valle (Cretácico Inferior hasta Paleoceno), que aflora ampliamente en toda la cuenca y en la isla Cedros. El norte de la cuenca Vizcaíno y la isla Cedros han sido geológicamente ampliamente estudiadas, mientras que en el sur se dispone de poca información. En el sur de la cuenca, se encuentran estratos marinos desde cretácicos hasta eocénicos. El paquete sedimentario correspondiente al Paleoceno es una unidad poco estudiada y que fue denominada por autores anteriores de manera informal formación Ballenas. De acuerdo a estos autores, la formación Ballenas se encuentra discordantemente sobreyaciendo a depósitos cretácicos del Grupo Valle. Nuestro objetivo principal reside en realizar un estudio detallado lito y bioestratigráfico de la formación Ballenas y aportar conocimiento a la evolución geológica de la cuenca Vizcaíno en el sur. Resultados preliminares del presente proyecto indican que los depósitos marinos que afloran en el sur de la cuenca Vizcaíno corresponden a una sola unidad continua que va desde el Cretácico Superior (?) hasta el Paleoceno sin tener algún hiatus. Por lo tanto, se propone que la formación Ballenas sea parte del Grupo Valle con una edad desde el Cretácico Superior (?) hasta el Paleoceno. La inclinación de las capas de dicha secuencia sedimentaria es hacia el NE. La parte inferior de la formación Ballenas presenta un paquete pobremente expuesto de lodolita color café grisácea, homogénea y en ocasiones con difusa a marcada laminación paralela. La bioturbación es difusa y de abundancia variable y en algunos niveles se observan madrigueras. Se distingue por contener escasos macrofósiles. Además,

el paquete de lodolita presenta intercalaciones de capas de pedernal, porcelanita y tobas retrabajadas. La parte superior de la secuencia es dominada por arenisca. Las areniscas comúnmente varían de areniscas limosas hasta de grano medio, predominando las de grano muy fino a fino y de buena selección. La estratificación va desde marcada a difusa y abarca laminación paralela, cruzada, ondulada, convoluta; y en la base de algunas se observan marcas de flauta (flute marks), las cuales indican una dirección de la corriente hacia el SW. Las capas de arenisca mayormente son bioturbadas y contienen niveles con numerosas madrigueras (icnofósiles). En algunos niveles se observan escasos fragmentos de fósiles. Los icnofósiles encontrados en la formación Ballenas son los siguientes: Planolites isp., Zoophycos isp., Scolicia isp., Megagraption isp. Chondrites isp., Ophiomorpha isp., Taenidium isp. y Palaeophycus isp. En resumen, el ambiente de depósito de la formación Ballenas corresponde a aguas profundas con incidencia turbidítica en la zona proximal de un abanico submarino.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizador:
Miguel Santoyo

SIS-1

BASE DE DATOS ESTRUCTURADA Y JERARQUIZADA DE LOS SISMOS HISTÓRICOS DE MÉXICO DE 1469 A 1912

Suárez Gerardo¹, Chico Carlos² y Ruiz Daniel²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

gerardo@geofisica.unam.mx

Se presentan los resultados de la construcción de una base de datos de sismos históricos mexicanos ocurridos durante los últimos 450 años. Las localidades que a lo largo de este periodo reportan datos macrosísmicos fueron geo-referenciadas con base en el almanaque oficial del INEGI y en registros históricos que reportan cambios de nombre de ciudades y pueblos mexicanos a lo largo del tiempo. A cada localidad se asignó una intensidad en la escala modificada de Mercalli (MMI). En total se pudieron identificar y asociar 328 sismos en el periodo de 1469 a 1912. La base de datos está jerarquizada y puede ser consultada por el lector interesado, recabando cada vez más información de acuerdo a sus necesidades (drill down). Para cada sismo se hace un resumen con los datos paramétricos de magnitud y localización epicentral, así como con el número de puntos de intensidad y las intensidades máximas observadas. Los datos paramétricos de magnitud e intensidad se obtuvieron con base en la inversión de los puntos de intensidad observados, utilizando el método de Bakun y Wentworth (1997). Con este fin se estimaron las funciones de atenuación de la intensidad en función de la distancia para tres tipos de sismos mexicanos: sismos en la zona de subducción, eventos profundos dentro del slab y sismos corticales. La base de datos ofrece para todos los sismos reportados un resumen de los daños y efectos causados por el sismo, de los fenómenos asociados al mismo, tales como tsunamis, deslizamientos, etc., y una cita representativa que refleja claramente las características generales del sismo. De manera importante, la base de datos ofrece al lector la posibilidad de consultar las fuentes originales de manera completa, siendo así un sistema abierto y transparente para que el lector pueda realizar sus propias interpretaciones. La base de datos es abierta y los valores y mapas pueden ser descargados libremente. Está disponible en <http://sismoshistoricos.org/>.

SIS-2

CATÁLOGOS DE MECANISMOS DE FOCOS SÍSMICOS DE LA REGIÓN LÍMITROFE DE AMBAS CALIFORNIA

Frez José, Ruiz Euclides y Méndez Ignacio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

jofrez@cicese.mx

Hemos recolectado los catálogos de mecanismos focales de la región limítrofe de ambas Californias excluyendo las que corresponden a réplicas. Todas las regiones activas en territorio mexicano han sido prospectadas con redes locales para magnitudes mayores a -1.5 por un periodo de 2 a 3 meses. Además, hemos utilizado a) el catálogo CMT que registra sismos con magnitudes mayores a -4.5 (VER) y que cubre, por el S, hasta la cabeza del Golfo de California, b) el catálogo de la Red del Sur de California (CALTECH) para sismos de magnitudes preponderantemente pequeñas, menores a 4.5, y que incluye territorio aledaño de Baja California, y c) un catálogo hecho en RESNOM por el segundo autor con datos regionales de las redes ubicadas a ambos lados de la frontera. Los sismos de magnitudes mayores a -4.0 muestran el típico mecanismo asociado a un régimen transtensivo y se asocian a fallas que, en general, corresponden a trazas geológicamente identificadas. Gran parte de la actividad de las magnitudes pequeñas muestran también las características de un régimen transtensivo, pero señalan regiones no claramente identificadas en estudios anteriores; por ejemplo, la actividad cercana a la costa y en suelo marino incluyendo la cabeza del Golfo. Los sismos ubicados en esta última región tienden a ser normales. La cantidad de sismos con mecanismo inverso es muy pequeña.

SIS-3

UN OBSERVATORIO GEOFÍSICO SUBMARINO EN LA BRECHA DE GUERRERO: DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Hjörleifsdóttir Vala¹, Cruz Atienza Víctor Manuel² y Ito Yoshihiro³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²UNAM

³DPRI, Kyoto University

vala@geofisica.unam.mx

En Noviembre de 2017, en el marco del proyecto SATREPS, "Hazard Assessment of Large Earthquakes and Tsunamis in the Mexican Pacific Coast for Disaster Mitigation", se instalarán tres tipos de instrumentos en el fondo del mar fuera de la costa de Guerrero: sismómetros (OBS), medidores de precisión (OBP) y GPS acústico (GPS-A). El objetivo de la instalación es observar movimientos (sísmicos y asísmicos) en la interface entre la placa de Cocos y de Norte America en la brecha de Guerrero, entre Acapulco y Papanao. Los OBP y GPS-A no han sido utilizados anteriormente para mediciones geodésicas en México. Los sismómetros consistirán de dos tipos; 9 instrumentos prestados de la Universidad de Tokyo y 5 adquiridos por

el proyecto. Los medidores de presión serán de tres tipos; 2 unidades prestadas de la Universidad de Tokyo, 1 de la Universidad de Kyoto y 4 adquiridos por el proyecto. Finalmente, las estaciones GPS-A tiene 3 equipos del fondo de mar cada una; uno de los OBPs mencionados anteriormente, más dos transpondedores acústicos también adquiridos por el proyecto. Para realizar la medición de la posición de los equipos GPS-A en el fondo del mar, usaremos un planeador de olas (recientemente adquirido por un proyecto CONACyT) equipado con dos GPS, un giroscopio de fibra óptica y un transductor acústico (adquiridos por el proyecto). En esta presentación se describen los equipos, las observables que se esperan de ellos y los retos que enfrentamos.

SIS-4

SLOW SLIP INVERSION IN GUERRERO USING THE ADJOINT METHOD

Tago Pacheco Josue¹, Cruz Atienza Víctor Manuel¹, Villafuerte

Urbina Carlos David² y Sánchez Reyes Hugo Samuel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Université Grenoble Alpes, UGA

josue.tago@gmail.com

One of the main technical goals of the SATREPS project (japanese-mexican research project 2016-2021), is the monitoring of the Guerrero seismic gap as it has never been done before. In total, there will be will 46 geodesic stations, with 7 ocean bottom pressure gauges (OBP) and 2 underwater acoustic positioning equipments (GPS-A). Besides the onshore instrumentation that comprises 32 seismic stations on land and 7 ocean bottom seismometers (OBS). The amount of collected data, so close to the trench, will allow us to better understand the complex behavior of the Mexican subduction zone during any tectonic deformation process. In the framework of the SATREPS project, we have developed a new method to invert geodetic data for imaging the slow slip event that is expected, in the Guerrero Gap, to start at the end of 2017. It will allow us to estimate the slip evolution at the plate interface to further analyze the seismic coupling and the associated fault frictional properties. With this method, we can estimate the spatial and temporal resolution analysis that depends on the observational network configuration. Our inversion strategy is inspired in the adjoint method that has been recently and successfully used for earthquake kinematics inversion (Somala et al., 2014; Tago et al., 2014). We have adapted this strategy for solving the quasi-static inversion problem of slow slip, formulated as a constrained optimization problem. The strategy does not parameterize the slip vector in the fault (i.e. neither its magnitude nor its direction). We require the pre-computation of the Somigliana tensor, medium impulse response (i.e. the static Green's functions), such that the forward and adjoint problems can be solved efficiently. We will present the 3D formulation of the method and show synthetic inversion tests. We will address the problem of dealing with sparse data coverage through the computation of spatial-temporal resolution, and how it could be overcome through penalization and regularization terms. References: Somala S., J. Ampuero and N. Lapusta (2014). Resolution of rise time in earthquake slip inversions: Effects of station spacing and rupture velocity. Bull. Seismo. Soc. Am., 104(6):2717–2734. Tago J., L. Metivier, R. Brossier and J. Virieux (2014) Full Waveform Inversion Using the Adjoint Method for Earthquake Kinematics Inversion. AGU Fall Meeting Abstracts.

SIS-5

STRESS TRANSFER IN THE 3D MEXICAN SUBDUCTION ZONE DUE TO SLIP EVENTS

Santoyo García Galiano Miguel Angel¹, Kostoglodov Vladimir² y Corona Raul Daniel¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

sismologo@gmail.com

In this work we study the effects of the 3D geometry of the Mexican Subduction Zone on the coulomb stress transfer by large interplate earthquakes and slow slip events, assuming a non-planar 3D slab model and explicit slip distributions. The interface was discretized using 2.0x2.0Km segments, setting the observation points along the same interface surface in a staggered-type grid which helps to avoid singularities. Stress tensor changes were computed for a 3D half-space and analyzed using the Coulomb Failure Stress criterion. The stress changes produced by each subfault from an earthquake were computed at the center of each grid segment of the interface, and resolved along the specific normal vector and slip-vector directions for all segments of the interface. The computation procedure implies that for a given rupture and slip setting, the corresponding Coulomb Stress Change distribution varies depending on its relative location along the surface interface. Results are presented for two studied segments along the 3D tectonic interface: 1- An Mw=8 theoretical earthquake below Acapulco and, 2- the 2006 slow slip event using GPS inverted displacements. The stress changes inside the main rupture patches due to the theoretical earthquake show relatively small variations between the 3D interface assumption and an extended fault plane; however, relatively larger variations are found for the 2006 SSE and outside the interface itself, especially where the interface presents acute bends along the strike or dip directions. Results suggest that the assumption of a 3D non-planar tectonic interface need to be carefully explored in this region.

SIS-6

CARACTERIZACIÓN DE ASPEREZAS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE MICHOACÁN-COLIMA-JALISCO, MÉXICO

Martínez López Rosario¹ y Mendoza Carlos²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Centro de Geociencias, UNAM

rosariomar55@hotmail.com

Se aplicó la metodología de inversión de falla finita de manera uniforme para obtener los modelos de deslizamiento de los sismos mayores a Mw 7 ocurridos de 1981 a la fecha en la zona de subducción de Michoacán-Colima-Jalisco. Se invirtieron registros en desplazamiento de ondas P y SH a distancias telesísmicas utilizando una parametrización consistente de la falla que permite una amplia flexibilidad en el tiempo de dislocación. Los patrones de ruptura de los eventos se utilizaron para determinar las propiedades de las asperezas de los sismos Mw > 7 ocurridos en los últimos 36 años, incluyendo el deslizamiento máximo, el deslizamiento promedio, el área, el momento sísmico y la caída de esfuerzo. El análisis sistemático de los sismos nos permite investigar las incertidumbres en las propiedades de las asperezas. Para esto, se aplica un procedimiento Monte Carlo donde se realizan 300 inversiones independientes para cada evento tomando en cuenta los posibles errores en la geometría de la falla, la profundidad del hipocentro y la velocidad de ruptura. La simulación Monte Carlo indica una incertidumbre de aproximadamente 20-25% en el deslizamiento máximo de las asperezas. Para el deslizamiento promedio y el área de asperezas la incertidumbre varía entre 15% y 35%. Los resultados definen la ubicación y el comportamiento de asperezas en la zona de subducción de Michoacán-Colima-Jalisco. La caracterización detallada de las asperezas tiene implicaciones importantes para la evaluación del potencial sísmico y la determinación de leyes de escalamiento. Ayudaría además a estimar de manera realista el movimiento del suelo esperado para sismos futuros en la zona de subducción.

SIS-7

EARTHQUAKES OF 8 AND 10 MAY 2014 (MW6.5, 6.1) IN THE GUERRERO SEISMIC GAP: EVIDENCE OF STRONG DIRECTIVITY

Singh Shri K.¹, Plata-Martínez Raymundo², Pérez-Campos Xyoli¹, Espíndola Víctor Hugo¹, Iglesias Arturo¹ y Hjörleifsdóttir Vala¹¹Instituto de Geofísica, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

krishnamex@yahoo.com

The Papanoa earthquake of 18 April 2014 (Mw7.3) ruptured a segment to the NW of the Guerrero seismic gap, leaving the gap intact. The largest aftershock of the earthquake occurred on 8 May (Mw6.5). The 8 May earthquake was located in the gap, well separated from the rupture area of the mainshock. It caused damage in the town of Tecpan where a bridge collapsed. The earthquake was strongly felt in Mexico City. It was followed by two smaller aftershocks on the same day (Mw 4.2, 4.0) and a larger aftershock on 10 May (Mw6.1). These events were located close to the coast and to each other. Since the Mw6.5 and Mw6.1 earthquakes are relatively large and well recorded, and they occurred in the seismic gap, they merit a careful study. The study further attains relevance since a preliminary estimate of radiated seismic energy, ER, from regional data of 8.1×10^{14} J and ER/M_0 of 1.3×10^{-4} of the 8 May earthquake are abnormally high. Is this a reflection of an unusually energetic source or a consequence of site effect and/or directivity? In search of an answer, we analyze variation with azimuth of the following 8 May (Mw6.5) to 10 May (Mw6.1) ratios: (1) spectral ratio, (2) PGA ratio, (3) PGV ratio. We also analyze the azimuthal variation of ER of the two events. We use the two small aftershocks (Mw4.2, 4.0) as empirical Green's function. The results demonstrate a strong azimuthal variation of the ground motion, consistent with ~ eastward, along-strike, rupture propagation during the 8 May earthquake. The direction of rupture during the 10 May earthquake was opposite, i.e., along the strike but towards the west. These rupture scenarios are also supported by near-source displacement traces. Median ER of 8 May and 10 May events are $\sim 10^{15}$ J and $\sim 10^{14}$ J and the corresponding values of ER/M_0 are $\sim 1.6 \times 10^{-4}$ and 6.1×10^{-5} . Due to station distribution with respect the direction of rupture, however, these values are most likely biased towards the high side. The strong along-strike directivity of ground motion during a thrust earthquake develops when the rupture plane has a shallow dip (as was the case here) and the rupture velocity, VR, is close to shear-wave velocity (Koketsu et al., 2016). We are presently estimating VR.

SIS-8

AN EARTHQUAKE AT A DEPTH OF 100 KM IN THE SUBDUCTING COCOS PLATE BENEATH NEVADO DE TOLUCA VOLCANO

Singh Shri K., Pérez-Campos Xyoli, Espíndola Víctor Hugo, Iglesias Arturo y Quintanar Luis

Instituto de Geofísica, UNAM

krishnamex@yahoo.com

Intraslab seismicity defines the geometry of the subducting plates and sheds light on its thermal structure. In central Mexico, this seismicity ceases well before reaching the active volcanic front. For example, a seismicity section from the middle America trench passing through the Nevado de Toluca volcano, in the direction of plate convergence, reveals that the intraslab earthquake activity ceases at a depth of about 70 km, ~ 240 km from the trench and ~ 80 km from the volcano. A similar section from the trench through the Popocatepetl volcano shows that these events reach a depth of about 55 km and cease to occur ~ 240 km from the trench about 80 km from the volcano. Until now no intraslab earthquake in the subducted Cocos plate has been reliably located whose epicenter lies near these active volcanoes. Here we report an intraslab earthquake that occurred on 19 May 2015 (Mw3.3) about 20 km west of Nevado de Toluca volcano at a depth of 98 km. The earthquake provides first direct evidence that the Cocos plate is at a depth of ~ 100 km beneath the Nevado de Toluca volcano. As expected, it was a normal-faulting, down-dip extensional earthquake. The seismograms of the 2015 earthquake of stations near the Nevado de Toluca volcano provide evidence of high attenuation of shear waves along the path. It was previously reported that shear waves traversing the Popocatepetl volcano were highly attenuated but no such attenuation was discernible in the case of the Nevado de Toluca volcano. Thus, the relatively low Q (high attenuation) along paths to stations near the Nevado de Toluca volcano is probably a consequence of shear-wave propagation through the mantle-wedge asthenosphere. Perhaps the intraslab seismicity beneath active volcanoes in central Mexico at M ~ 3 level is abundant but has not been documented in the past because of poor instrumentation. New seismic stations in the region should provide high-quality recordings of such events and lead to firm support to the preliminary conclusions reached in this study.

SIS-9

ESTRUCTURA CORTICAL DE LA LITOSFERA DEL CONTACTO LA FOSA MESOAMERICANA - PLACA DE RIVERA SUR

García Ramírez Rocío Guadalupe¹, Núñez Escribano Diana¹, Bandy WilliamL.², Escalona-Alcázar Felipe de Jesús¹, Núñez Cornú Francisco Javier¹,Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.², Córdoba Barba Diego³, MadrigalAvalos Luis Alfredo¹, Dañobeitia Juanjo⁴ y Zarate del Valle Pedro Faustino¹¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVoc²Instituto de Geofísica, UNAM³Universidad Complutense de Madrid⁴CMIMA-UTM, CSIC, España

iprocio_garcia@hotmail.com

El margen occidental de la República Mexicana se caracteriza por ser una de las zonas sísmicas más activas de América, una zona tectónicamente compleja donde se han producido grandes terremotos, incluyendo la generación de significativos tsunamis, asociados directamente a la subducción de las placas oceánicas de Cocos, Rivera y Pacífico bajo la placa de Norteamérica en toda la costa del Pacífico. Estudiar esta región, motivó el desarrollo del proyecto TSUJAL (Caracterización del Peligro sísmico y tsunamigénico asociado con la estructura cortical del contacto Placa Rivera-Bloque de Jalisco). El estudio que se presenta corresponde al perfil de sísmica de reflexión multicanal (MCS) denominado TS01 paralelo a la Fosa Mesoamericana, con orientación SE-NW perteneciente al proyecto TSUJAL. Este perfil consta de una línea marina de aproximadamente 103.1 km de longitud con un disparo cada 50 m. En total se realizaron 2,062 disparos a lo largo de la línea con un volumen total de la fuente sísmica de 3540 pulgadas cúbicas. Estos disparos fueron registrados por un streamer digital de 5.85 km de 468 canales y fondeado a 10 m de profundidad. La distancia entre canales fue de 12.5 m. Estos datos fueron adquiridos a bordo del buque de investigaciones oceanográficas RRS James Cook. La interpretación de la información aportada por este perfil paralelo a la Fosa Mesoamericana revela la presencia de 3 cuencas sedimentarias, estructuras congruentes con tres y un medio graben (horst y fallas normales), así como diversas fallas más pequeñas y los diferentes estratos que componen la litosfera en la región de estudio. Mediante este estudio no fue posible definir la discontinuidad entre la corteza y el manto a partir de la imagen de MCS debido a la falta de resolución temporal.

SIS-10

INVERSIÓN CINEMÁTICA PARA SISMOS PROFUNDOS CARACTERÍSTICOS EN LA ZONA SUR DE VERACRUZ: UNA INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

Córdoba Montiel Francisco¹, Iglesias Arturo², Castro ArtolaÓscar Alberto³, Singh Shri K.² y Pérez-Campos Xyoli²¹Universidad Veracruzana, UV²Instituto de Geofísica, UNAM³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
fcordoba@uv.mx

El análisis de la sismicidad reciente en la zona sur del estado de Veracruz, revela la presencia de sismos someros de pequeña magnitud y eventos profundos de magnitud baja a moderada. Recientes estudios en la región han permitido detallar la geometría de la placa subducida, así como la obtención de modelos de estructura cortical, que se añaden a aquellos que explican el régimen de esfuerzos a partir de eventos corticales ocurridos en el Golfo de México caracterizados por un fallamiento inverso, así como otros en la región del Istmo de Tehuantepec. Con la finalidad de ahondar en el estudio de la fuente sísmica de eventos localizados en la zona sur de Veracruz, se realizó la inversión cinemática de la fuente en el dominio de la frecuencia para tres sismos intraplaca profundos de fallamiento normal bajo un esquema de inversión de forma de onda para obtener los principales parámetros cinemáticos del proceso de ruptura. El objetivo fue evaluar ambos planos nodales del tensor de momentos para cada uno de los eventos analizados, así como examinar posibles evidencias de efectos de directividad mediante la inversión tomográfica del proceso de ruptura, además de obtener una aproximación del estado de esfuerzos de la región de interés. Los registros empleados corresponden a los sismos del 30 de enero de 2002 (M 5.6, P 109 km), del 25 de febrero de 2011 (M 6.0, P 135 km) y del 7 de abril de 2011 (M 6.7, P 171 km) de acuerdo con lo reportado por el Servicio Sismológico Nacional (SSN). La distribución epicentral de estos eventos sigue aproximadamente una línea recta de unos 200 km de longitud (a lo largo del límite Veracruz-Oaxaca), con una separación entre ellos aproximadamente simétrica. Estos eventos fueron relocalizados empleando registros de banda ancha de la red de estaciones del SSN. Cada uno de los planos de falla por cada mecanismo focal fueron divididos en subfallas de acuerdo con la técnica de inversión en el dominio de la frecuencia de Cotton y Campillo (1995). Para cada subfalla, se determinaron funciones de transferencia entre éstas y las estaciones, mismas que se usaron para obtener registros de desplazamiento en el proceso de inversión para el cálculo reiterado del problema directo. A su vez, el método de inversión empleado para determinar los parámetros del modelo cinemático fue el de cristalización simulada, considerando la no linealidad del problema, las altas prestaciones actuales de los equipos de cómputo y las ventajas propias de este algoritmo. Con base en lo anterior, se presentan algunos resultados obtenidos que muestran, de forma gráfica el proceso de ruptura en la dirección del rumbo y echado, que contribuyen a una mejor interpretación de la sismicidad y de la tectónica regional en el sur de la entidad veracruzana.

SIS-11

ANÁLISIS DE LOS TÉRMINOS CRUZADOS DE LA FUNCIÓN DE GREEN EMPÍRICA EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL MEDIANTE INTERFEROMETRÍA DE ONDAS SUPERFICIALES Y DE CODA

Cárdenas-Soto Martín, Reyes Pimentel Thalía, Neri Oliva Alejandra y Díaz Alcántara Delma
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
martinc@unam.mx

Presentamos los resultados del análisis de monitoreo sísmico continuo en cuatro estaciones de banda ancha del volcán Popocatepetl para el año de 2012. El objetivo es explorar los términos cruzados de la función de Green Empírica (FGE) para proveer información adicional de la estructura y de las variaciones del estado de esfuerzos en el volcán. Para ello, obtuvimos las correlaciones cruzadas (nueve componentes del tensor de Green) de cada día resultado de apilar ventanas de 40 s de duración para cada uno de los seis pares de estaciones. En una primera etapa estimamos curvas de dispersión a partir de la parte causal y anticausal de la FGE que resultó de apilar las correlaciones más estables de cada día (FGE de referencia). En el rango de 0.5 a 8 s de periodo agrupamos las curvas de dispersión de acuerdo a la contribución de ondas Rayleigh y Love. Observamos que las trayectorias largas (> 9.5 km) y alejadas del cráter describen una estructura estratificada con valores de Vs de 0.5 km/s para la parte somera y de 3.5 km/s para la parte profunda. Las curvas de dispersión para trayectorias cortas (< 7 km) y cercanas al cráter definen valores de Vs similares a los de trayectorias largas, pero con una inversión de velocidad entre 3 y 5 s de periodo. En una segunda etapa evaluamos los cambios relativos de deformación de cada día, en relación a la FGE de referencia, en el rango de 1 a 8 s de periodo. Estos cambios fueron estimados mediante el mejor ajuste de retrasos de tiempo obtenidos en una ventana móvil de 7s a lo largo de la coda de las FGE. Los resultados muestran pequeñas variaciones asociadas a eventos eruptivos y ocurrencia de sismicidad. Estas variaciones son más evidentes en el término ZZ y para trayectorias cortas o aquellas que cruzan el cráter. En el mes de diciembre observamos una desviación hasta de dos ordenes de magnitud con respecto a la variación promedio en todos los términos. Atribuimos este cambio a un estado de esfuerzos caracterizado por la ausencia de eventos volcanotectónicos,

y a un aumento súbito de eventos LP que disminuyó exponencialmente para fines de ese mes.

SIS-12

INVERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FUENTE SÍSMICA PARA EVENTOS EN EL VOLCÁN BÁRDARBUNGA DURANTE LA ERUPCIÓN DE 2014 - 2015

Rodríguez Cardozo Felix Rodrigo¹, Hjörleifsdóttir Vala², Jónsdóttir Kristín³ y Geirsson Halldór³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Veðurstofan Islands

frodriquezcardozo@gmail.com

Entre agosto de 2014 y febrero de 2015, el volcán Bárðarbunga, una caldera (8x11km) subglaciaria localizada en el glaciar Vatnajökull de Islandia, colapsó casi 70 m durante una erupción fisural en el campo Holuhraun a 47 km al noreste de la caldera. El colapso del Bárðarbunga no solo vino acompañado de un volumen excepcional de magma vertido sobre Holuhraun (1.8 km³) sino también de eventos sísmicos de gran magnitud (80 eventos con magnitudes 5<Mw<5.8). Los tensores de momento de dichos eventos eran casi puros CLVDs, indicando un proceso de fuente distinto a un deslizamiento en una falla plana. Varios mecanismos pueden generar este tipo de fuentes, tales como procesos intrusivos en la generación de diques (Kanamori et al 1993, Riel et al 2014) o la geometría curva de fallas en las calderas (Nettles y Ekström, 1998). El colapso de la caldera fue monitoreado a través de una estación GPS instalada cerca del centro de ella. El GPS también registró señales relacionadas a los sismos grandes en la caldera que ocurrieron a 2-7 km de la estación. Por la cercanía a la fuente los registros incluyen la parte dinámica y la estática del campo sísmico. Uno de los eventos de mayor magnitud (septiembre 18 de 2014 Mw. 5.3) fue observado en un par de interferogramas InSAR, que se invirtieron para un modelo finito de fuente sísmica a partir de datos InSAR. El resultado indica deslizamientos hacia abajo del centro de la caldera, sobre una falla vertical en forma elipsoidal, consistente con la forma de la caldera (Guðmundsson et al., 2016). En este trabajo presentamos un análisis conjunto de los datos sismológicos y de GPS para varios de los eventos grandes que ocurrieron en la caldera Bárðarbunga. El objetivo del análisis es explicar el mecanismo generador de los eventos.

SIS-13

DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIA DE FALLAS FINITAS EN EL RIESGO SÍSMICO PROBABILÍSTICO Y LA RELACIÓN ENTRE DISTANCIAS DE FUENTE EXTENDIDA

Ortega Roberto¹, Gutiérrez Edahí², Carciumaru Dana¹ y Huesca Pérez Eduardo³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE

ortega@cicese.mx

Se presenta un método para calcular la función de densidad de probabilidad condicional y no condicional (PDF) de la distribución de distancia de fallas finitas (FFDD). Se describen dos casos: líneas y áreas. El caso de las líneas tiene una solución analítica simple, mientras que, en el caso de las áreas, la probabilidad geométrica de una falla basada en el rumbo y echado de falla se obtiene usando la proyección de esferas en una superficie rectangular segmentada. Esta distribución se obtiene midiendo la proyección de una esfera de radio r en un área efectiva usando un algoritmo que estima el área de un círculo dentro de un rectángulo. Además, se introducen las métricas de distancia de falla finita. Esta distancia es la distancia a la que se produce la liberación máxima de esfuerzos dentro del plano de falla y genera un máximo en el sismograma Posteriormente, podemos aplicar las ecuaciones apropiadas de predicción del movimiento del suelo (GMPE) para PSHA. La probabilidad condicional de magnitud dada distancia también se presenta utilizando diferentes leyes de escalamiento. Se discute un modelo simple de distribución constante del centroide en la media geométrica, en este modelo la amenaza sísmica se reduce en los bordes porque se reduce el tamaño efectivo. Hoy en día hay una tendencia de usar distancias de fuente extendida en PSHA, sin embargo, no es posible separar la geometría de falla del GMPE. Con este nuevo enfoque, es posible añadir modelos de ruptura de fallas que separen los efectos geométricos y de propagación.

SIS-14

LA RELACIÓN DE PARENTESCO (KINSHIP) ENTRE SISMOS PEQUEÑOS Y MODERADOS Y SU POSIBLE UTILIDAD COMO PREMONITOR DE SISMOS GRANDES

Nava Pichardo Fidencio Alejandro, Reynoso Halia y Glowacka Ewa
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

fnava@cicese.mx

Se propone una relación de interacción entre sismos moderados a pequeños que ocurren en una región determinada, así como un método para identificarla. La relación de parentesco es distinta del disparo de sismos causado por ondas sísmicas

y aparentemente es mayor poco antes de la ocurrencia de grandes sismos, por lo que podría estar relacionada con altos niveles de esfuerzo locales, y ser de utilidad como una posible observable premonitora. Para estimar la significatividad de los valores de parentesco medidos antes de sismos grandes, se les compara con valores obtenidos para tiempos alejados de los sismos grandes y con realizaciones Monte Carlo de la hipótesis nula.

SIS-15

ANÁLISIS DE SISMICIDAD ASOCIADA AL LLENADO DE EMBALSES: CASO DEL CENTRO DE PRODUCCIÓN DE PIRRÍS, COSTA RICA

Ruiz Barajas Sandra¹, Santoyo García Galiano Miguel Angel²,
Alvarado Guillermo E.³, Benito Oterino Belén¹ y Climent Álvaro³
¹Dpto. de Ingeniería Topográfica y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica
sandra.ruizb@upm.es

El trabajo presentado es el resultado de una colaboración iniciada entre el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) para la investigación de la sismicidad inducida por causas antrópicas. La ocurrencia de sismos asociados a ciertas actividades humanas es un hecho observado y reconocido desde hace tiempo. No obstante, los casos de sismicidad inducida se han incrementado en los últimos años debido al aumento de proyectos en los que se actúa sobre el medio natural, alterando su estado de esfuerzos. Concretamente, la sismicidad disparada por el llenado de grandes embalses es un hecho conocido desde hace décadas, siendo uno de los tipos de sismicidad más complejos a la hora de modelar sus efectos. Hasta ahora, más de 100 casos de sismicidad disparada por embalses han sido reconocidos en todo el mundo. Por todo ello, el tema de la sismicidad inducida se ha convertido en una línea de investigación cada vez más importante y estudiada. El objetivo principal de este trabajo se centra en analizar la evolución espacio-temporal de la sismicidad registrada en los alrededores del embalse de Pirrís (Costa Rica), diferenciándose tres fases: antes, durante y después de su llenado. Con dicho análisis se pretende conocer y en su caso mitigar la influencia que las operaciones efectuadas en el embalse tienen en la actividad sísmica de la zona. En este trabajo se presenta un detallado análisis de la evolución espacio-temporal de la sismicidad asociada con el caso específico del proyecto hidráulico Pirrís. Se han estudiado diferentes parámetros sísmicos y se ha analizado su variación en el tiempo. Además, se incluye un primer análisis cualitativo para identificar la posible correlación entre las variaciones del nivel de agua en el embalse y la evolución de la actividad sísmica registrada. Así mismo, es reconocido que la transferencia de esfuerzos elásticos y poroelásticos debido a cargas superficiales durante el llenado de embalses puede jugar un papel importante en la inducción de sismicidad. En este trabajo se presenta así mismo un estudio preliminar sobre la transferencia de esfuerzos elásticos en el subsuelo debido a las variaciones anuales en las cargas superficiales por el llenado y vaciado del embalse. Los resultados indican diversos niveles de sensibilidad de algunos de los parámetros sísmicos ante el llenado/vaciado del embalse. Palabras clave: sismicidad, embalse, geofísica, peligro sísmico

SIS-16

A CASE STUDY ON DISASTER EDUCATION PROGRAMME COLLABORATED WITH MANTEN SEISMIC OBSERVATION PROJECT

Iwahori Takuya
Disaster Prevention Research Institute
iwahori@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

Disaster education is normally understood as knowledge transmission from experts to non-experts. However, as preceding researches pointed out, this type of education namely one-way knowledge transmission makes the non-experts indifferent to DRR or pessimistic about the future. In order to avoid this side-effect of disaster education, different ways of education should be explored. In this presentation, a school disaster education programme based on the theory of Legitimate Peripheral Participation (LPP) is introduced as one of the case projects of the different ways of disaster education. This programme has been implemented jointly in 2 elementary schools in Japan since 2009. Through this programme, the school pupils are able to participate in the seismic observation research project called Manten project run by seismologists. The main role of the pupils is installing and maintaining seismometer for the observation. The first batch of the pupils installed the seismometer, and followed batches have been maintaining the seismometer. The pupils are collecting recorded data from the seismometer and send the data card to the seismologist. The seismologists are using this recorded data for their research. Thus, the role of the pupils seems to be basic, however, it is important for the research. The results of the ongoing education programme are discussed in accordance with the LPP. What knowledge sharing has emerged and how the identities of the participants have been constructed or changed are mainly evaluated.

SIS-17 CARTEL

SISMICIDAD EN BAJA CALIFORNIA SUR DURANTE EL PERIODO DE ENERO A MAYO DEL 2016

Mayer Sergio¹, Ortega Roberto² y Huesca Pérez Eduardo²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
smayer@cicese.mx

Durante los últimos 15 años La Unidad La Paz del CICESE ha mantenido la red sísmica de Baja California Sur, la cual inició en 1995 como consecuencia de una serie de sismos en el norte de la ciudad de La Paz. En este periodo se han instalado diversas estaciones sísmicas a lo largo de la región sur de la Península. La red sísmica actual consta de 5 estaciones de banda ancha, y dos que están en proceso de instalación, además de dos estaciones acelerométricas. En este trabajo, se presentan resultados recientes del análisis de sismicidad en Baja California Sur. La actividad histórica más importante se refleja en secuencias sísmicas de 2007 y 2012. Además, hay eventos aislados en toda la zona peninsular. Se observa que las regiones de Los Barriles, Isla Cerralvo e Isla San José son las que presentan mayor actividad. Es interesante hacer notar que la zona de la Isla Espíritu Santo ha reducido notablemente su actividad si se compara con años anteriores. Esto sugiere que la sismicidad de fondo es muy baja y en general la actividad se encuentra controlada por procesos temporales importantes. Es importante destacar los enjambres sísmicos de la zona de Los Barriles y en diversas regiones concentradas alrededor de la Sierra La Laguna como por ejemplo San Dionisio y San Antonio de La Sierra. Estos enjambres son muy comunes en la región y ocurren en promedio cada dos años. Anteriormente, se han presentado enjambres en la región de Los Barriles con una alta tasa de sismicidad, por ejemplo, en 2002 se contabilizaron más de mil eventos en un periodo de dos semanas. Los sismos que han generado mayor alarma en la población ocurren en la región costera y son menores de 4 M. Estos sismos presentan diversas características de sismicidad, en algunos casos presentan una gran cantidad de réplicas mientras que en otros esta cantidad mínima. Se cree que el número de réplicas está controlado por el tipo de fallas, su edad y localización. En este trabajo se muestra especialmente los resultados procesados de la actividad sísmica en el periodo de enero a mayo de 2016, incluyendo los eventos más relevantes de 2016. En este periodo hay algunas secuencias que no presentan un alto número de eventos (< 10).

SIS-18 CARTEL

ENERGIA SISMICA RADIADA Y CAIDA DE ESFUERZO DE SISMOS DE LA REGION SUR-CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

Castro Escamilla Raul Ramon¹, Singh Shri K.², Joshi Anand³ y Singh Sandeep³
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology, Roorkee, India
raul@cicese.mx

Estimamos la energía sísmica radiada de 91 sismos con magnitudes M3.3-6.5 localizados en la región sur-central del Golfo de California. La mayoría de estos eventos ocurrieron a lo largo de fallas transformes activas que definen el límite entre las placas del Pacífico y la de Norte América. Calculamos los espectros de Fourier de la onda S y los corregimos por el efecto de atenuación usando funciones no-paramétricas determinadas con toda la base de datos. Los efectos de sitio se separaron de la fuente sísmica mediante una inversión espectral. Calculamos la energía sísmica radiada integrando el cuadrado del espectro de velocidad de la fuente. También estimamos el esfuerzo aparente y las caídas de esfuerzo estático y dinámico ajustando el espectro de la fuente al modelo omega-cuadrado. Encontramos que la mayoría de los eventos analizados tienen un esfuerzo aparente entre 0.8X10⁻³ y 0.38 MPa. La caída de esfuerzo estático varía entre 0.01 y 5 MPa, y la caída de esfuerzo dinámico entre 0.2 y 118 MPa. Los sismos analizados muestran una aparente dependencia entre el esfuerzo liberado y el momento sísmico. Aunque la complejidad de las fuentes parece ser independiente del tamaño de los sismos, la mayoría de los eventos debe tener un proceso de ruptura complejo, ya que la caída de esfuerzo dinámico es mayor que la caída de esfuerzo estático. Agradecimientos: Este proyecto recibe apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante el proyecto FONCICYT-CONACYT 1000/780/2016. También agradecemos el apoyo técnico de Antonio Mendoza Camberos y Arturo Pérez Vertti.

SIS-19 CARTEL

UN ESTUDIO DEL PARÁMETRO KAPPA EN LA REGIÓN NORTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Munguía Luis
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
lmunguia@cicese.mx

Se describe un estudio realizado con datos de aceleración registrados en el Macizo Roco Peninsular y en el ambiente sedimentario del Valle de Mexicali para determinar el parámetro kappa (K). Este parámetro, introducido, por Anderson and Hough (1984), es un indicador de la forma en que decae la amplitud del espectro de

aceleración de ondas S en su porción de altas frecuencias. En el estudio se utilizaron alrededor de 220 sismos registrados en sedimentos y 100 en roca firme. El valor de K se determinó de la pendiente gamma del espectro de aceleración en intervalos de 5 a 40 Hz para sitios sobre sedimentos y de 5 a 30 Hz para sitios sobre roca. De la relación lineal que existe entre los valores de K y la distancia epicentral, se determinó la intersección a distancia cero, denotada como K_0 , para cada sitio de registro. Se ha interpretado a K_0 como la atenuación de las ondas de corte debida a las condiciones geológicas que existen justo por debajo del sitio de registro, mientras que la pendiente de la tendencia lineal se interpreta como la atenuación a lo largo de toda la trayectoria de la energía sísmica. Los valores de K se calcularon de los espectros de las dos componentes de aceleración horizontal, observando una buena consistencia entre los valores resultantes de cada componente. Para estimar K_0 solo se consideraron los datos para los cuales el cociente entre los valores mínimo y máximo de K_0 de las componentes horizontales fue de 80% o mayor. Para las siete estaciones ubicadas en roca se obtuvieron valores de K_0 que van de 0.012 a 0.034 segundos, con promedio de 0.02 segundos, mientras que para las ocho estaciones en sedimentos los valores de K_0 van de 0.024 a 0.046 segundos, con promedio de 0.037 segundos.

SIS-20 CARTEL

MODELACIÓN DE UNA FISURA DISPARADA POR EL SISMO M=7.2, 2010 EL MAYOR-CUCAPAH, EN LA TRAZA DE LA FALLA CERRO PRIETO EN EL VALLE DE MEXICALI

Navarro Leon Rodrigo¹, Glowacka Ewa², Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Robles Braulio⁴, Sarychikhina Olga², Farfán Francisco² y García Arthur Miguel Angel²

¹Universidad de Guadalajara

²CICESE

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴IMTA

rodrigo.navarro.1395@gmail.com

El 4 de abril de 2010 ocurrió un sismo de magnitud 7.2 en la Sierra El Mayor-Cucapah la cual constituye el límite occidental del Valle de Mexicali. El sismo disparó un gran número de réplicas, produciendo grandes desplazamientos de terreno y ocasionando considerables pérdidas económicas en la región. En el Valle de Mexicali las ondas sísmicas, la deformación cosísmica y la licuefacción producidas por el sismo, causaron deformaciones y agrietamientos superficiales, cambios del nivel de terreno, rupturas de canales, caída de drenes, inundaciones y daños significativos a los caminos, casas y campos agrícolas. La deformación cosísmica fue registrada por los instrumentos de la REDECAM y por campañas de nivelación. Entre otros fenómenos, se estuvo observando un desplazamiento vertical de aproximadamente 10cm sobre una fisura en la terminación norte de la falla Cerro Prieto. Este desplazamiento fue registrado por la medición directa en el campo y por instrumentos geotécnicos de la REDECAM: grietómetro, testigo e inclinómetro, instalados sobre o en las inmediaciones de la falla Cerro Prieto. Además uno de los perfiles de nivelación está cruzando la fisura. El objetivo del presente trabajo es encontrar los parámetros que definen la geometría de la fisura antes mencionada, como su profundidad, el ángulo de buzamiento (dip) y el ángulo de deslizamiento (slip), mediante la modelación de un desplazamiento vertical en 2D en el plano perpendicular a la fisura, utilizando las ecuaciones de Cohen (1996; y 1997) y de Wells y Coppersmith (1994), aplicando el método de prueba y error. Los resultados de la modelación indican que el mejor ajuste de los datos se obtiene para una fisura casi vertical, con movimiento normal de orden de centímetros y que se extiende desde la superficie hasta unas docenas de metros de profundidad. Dichos resultados señalan la naturaleza superficial (o poco profunda) de la fisura observada.

SIS-21 CARTEL

PROCESO NUMÉRICO PARA ELIMINAR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN DATOS DE INCLINACIÓN EN VALLE DE MEXICALI, B.C.

García Arthur Miguel Angel, Glowacka Ewa, Sarychikhina Olga, Farfán Francisco y Gálvez Oscar
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
marthur@cicese.mx

Desde 1996 el CICESE mantiene una red de medidores de deformación, REDECAM, con la meta principal de estudiar la distribución espacial y temporal de las deformaciones de la corteza en el Valle de Mexicali; zona afectada por sismicidad y tectónica activa y subsidencia relacionada principalmente con la extracción de fluido en el campo geotérmico de Cerro Prieto. En el presente se tienen datos de 1 extensómetro, 6 inclinómetros y 2 testigos instalados en las fallas tectónicas o muy cerca de ellas. Parte de los instrumentos tiene transmisión de datos. En los datos registrados en algunas estaciones de la zona del Valle de Mexicali, se ha observado una fuerte influencia de la temperatura ambiental en los valores de inclinación. En este trabajo se presenta un método para cuantificar este efecto y eliminarlo de los registros de inclinación.

SIS-22 CARTEL

SISMICIDAD DE BAJA MAGNITUD EN LA FRONTERA NUEVO LAREDO, MÉXICO – ESTADOS UNIDOS, Y SU USO PARA LA RECUPERACIÓN DE FUNCIONES DE GREEN EMPÍRICAS EMPLEANDO UN ARREGLO DE SENSORES DE BANDA ANCHA

Granados Ivan y Aguirre Jorge
Instituto de Ingeniería, UNAM
yota_k9999@hotmail.com

Usando registros de banda ancha de un arreglo temporal (7 días) localizado cerca de la frontera Nuevo Laredo, México – Estados Unidos, verificamos la existencia de sismicidad local. Empleamos un algoritmo STA/LTA para la detección automatizada de sismos, con lo cual pudimos registrar 26 eventos locales. Una inspección visual nos permitió clasificar 16 de éstos en dos principales grupos (11 tipo A, y 5 tipo B). Debido a la poca amplitud de los primeros arribos, y debido a que se registraron prácticamente al mismo tiempo, aplicamos un método no convencional para obtener la dirección de back-azimut y así poder inferir su localización epicentral aproximada. Algunos de éstos podrían provenir de un área de producción de hidrocarburos al sur de Texas. Además, calculamos la cross-correlación de la coda de éstos, lo cual nos permitió recuperar algunas Funciones de Green dentro del arreglo, para intentar hacer una tomografía de ondas superficiales.

SIS-23 CARTEL

ANÁLISIS CRONOLÓGICO DEL RUIDO EN LAS ESTACIONES DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

Montoya Quintanar Edgar¹ y Pérez-Campos Xyoli²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
montoyalifehouse@hotmail.com

Se estimaron las curvas de ruido para el año 2016, en las 63 estaciones pertenecientes a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN). A partir de su distribución se analizó su comportamiento durante ese año. Se pudieron identificar estaciones con niveles de ruido alto en altas frecuencia, debido principalmente a contribuciones de fuentes culturales. Se pudo observar también el comportamiento de los microsismos secundarios presentes en todas las estaciones, siendo su fuente producida por olas oceánicas con la misma frecuencia que chocan en direcciones opuestas. Asimismo se observaron comportamientos similares en estaciones que se encuentran cercanas a las costas, las cuales se agruparon por contribuciones relacionadas con la oceanografía física que rodea al país. También se eligieron estaciones que tuvieron cambios en su entorno, los cuales pudieran verse reflejados en los niveles de ruido. Para éstas se estimaron las curvas de ruido de todo su registro. En algunas de estas estaciones se pudo observar que debido a edificaciones construidas en el transcurso de su registro, el nivel de ruido aumentó durante el tiempo en que duró la construcción. En algunos casos se observa que después de su conclusión, las fuentes del ruido cultural modificaron de forma permanente la curva de ruido. Este análisis da a conocer el estado actual del nivel de ruido de las estaciones que componen la Red de Banda Ancha. Junto con el análisis de la variación cronológica ayuda a establecer el ruido base de una estación y a evaluar las variaciones que se presenten en el futuro y cuantificar la calidad de su registro.

SIS-24 CARTEL

ANÁLISIS DEL RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL DE LAS ESTACIONES SATREPS-MÉXICO Y SUS ASPECTOS TÉCNICOS

Real Pérez Jorge Arturo, Kostoglodov Vladimir, Husker Allen y Cruz Víctor
Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM
real@geofisica.unam.mx

Para planear la instalación de una red de sismológica, es necesario, tener claramente definidos los objetivos y resultados que se esperan obtener. Ya que de esto dependerá el tipo de instalación, la configuración y cobertura del arreglo, así como el número de estaciones a instalar. De esta manera, podemos pensar en crear una red local o regional con la configuración óptima para localizar eventos en una región dada. El proyecto en conjunto entre Japón y México "Evaluación del peligro asociado a grandes terremotos y tsunamis en las costas del Pacífico mexicano para la mitigación de desastres" bajo el programa "Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development" (SATREPS) contempla la instalación de 7 observatorios sismológicos de banda ancha en el estado de Guerrero, Mex. Es importante conocer los niveles de ruido sísmico de fondo, por esta razón se presenta el ruido sísmico de estas estaciones y su comparación con las curvas de ruido máximo (HNM) y mínimo (LNM) establecidas por Peterson (1993) para evaluar la calidad de la señal de un sitio. Adicionalmente se muestran las consideraciones técnicas tomadas al momento de la instalación para reducir ciertos tipos de ruido que pueden afectar a nuestras estaciones.

SIS-25 CARTEL

ANÁLISIS ESPECTRAL DEL SISMO OCURRIDO EL 13 DE JULIO DE 2017 DENTRO DEL VALLE DE MÉXICORamírez Ruíz Jesús Elihu¹, Bello Segura Delia Iresine² y Quintanar Luis²¹Instituto Politécnico Nacional²UNAM

jelihu.ramirez@gmail.com

La implementación de la Red Sismológica del Valle de México (RSVM) permite la observación y monitoreo detallado de la sismicidad ocurrida dentro de la Cuenca de México. Sismos como éste que se presentó el pasado 13 de Julio a las 20:57 hrs (hora local) localizado en la delegación Milpa Alta son registrados por dicha red lo que permite, además de calcular un epicentro, realizar otro tipo de análisis. El presente trabajo tiene como objetivo analizar espectralmente el evento antes mencionado con el fin de obtener: magnitud de momento sísmico (M_w), caída de esfuerzos (σ) y frecuencia de esquina (f_0). La sismicidad originada dentro de la cuenca tiende a ser de magnitud baja no obstante al presentarse en una de las zonas más pobladas del país toma una relevancia significativa por el potencial daño material y humano que puede ocasionar.

SIS-26 CARTEL

SIMULACIÓN NUMÉRICA 2.5D DE ONDAS SÍSMICAS PARA LA CUENCA DE MÉXICO. UNA HERRAMIENTA PARA LA PREDICCIÓN DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENOGalaviz Alonso Sergio Alberto¹, Takenaka Hiroshi² y Salazar Leobardo³¹Instituto Politécnico Nacional, IPN²Okayama University, Japan³Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Ticomán IPN
estructurasenapred@gmail.com

Con la finalidad de generar escenarios ante sismos provenientes de la costa del Pacífico que afecten a la Cuenca de México, se ha desarrollado un set de software bajo el esquema de Diferencias Finitas 2.5D que permite una aproximación de la modelación 2D a 3D para fuentes puntuales. Dicha metodología permite obtener buenas aproximaciones de la forma de onda y de su amplitud con bajos costos computacionales. La metodología se ha aplicado para el primer modo de vibrar R_0 y el modo superior R_1 de la onda de Rayleigh. Dichos modos han sido investigados con la finalidad de tener una estimación aceptable que ofrezca información sobre la amplificación del subsuelo. Para comprobar la efectividad de dicho set se han utilizado datos acelerográficos del Instituto de Ingeniería (II) y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), que registraron el sismo del 18 de abril de 2014 Mw 7.2. De manera similar usamos datos de velocidad del arreglo temporal del Experimento de la Subducción en Meso-América (MASE por sus siglas en inglés) para el sismo del 13 de abril del 2007. Ambos epicentros se encuentran a distancias mayores de 300 km del límite sur de la Cuenca. El modelo elastodinámico se basa en datos gravimétricos y sísmicos que se han desarrollado en trabajos previos. El segundo modelo cuenta con un perfil gravimétrico que se extiende hasta 80 km al sur de la Ciudad de México hecho por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en 2015. Dicho perfil ofrece la forma del Eje Neovolcánico Transmexicano que en previos trabajos se ha incluido como una capa plana de baja velocidad con dos km de espesor. De manera similar se ha incluido la forma de la base de la cuenca para ambas líneas. La forma de la cuenca se extrajo de los datos gravimétricos obtenidos por OYO-Corporation y CENAPRED en 1999 para la Ciudad de México y se extiende para el resto de la cuenca con la información del arreglo echo por MASE. El software cuenta con solución para superficie libre irregular, fronteras no reflectivas, y el mecanismo de la fuente para el plano X-Z. El método resuelve las ecuaciones de velocidad para las ondas P, SV y Rayleigh. Este tipo de herramientas permite obtener información sobre la amplificación esperada en la Cuenca de México para aquellos sismos que se generan en zona de subducción. De ser una buena estimación para este tipo de sismos, el modelo puede extenderse para aquellos sismos que se generan en la placa Norteamericana, tipo Acambay, y para aquellos sismos que se generan en las inmediaciones de la Cuenca. De igual manera la metodología se extiende para simulación en volcanes y yacimientos hidrotermales

SIS-27 CARTEL

METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE ACELEROGRAMAS SINTÉTICOS, UTILIZANDO FUNCIONES DE TRANSFERENCIA EMPÍRICAS Y EL MÉTODO ESTOCÁSTICO DE BOORE, EN LA CIUDAD DE TAPACHULA, CHIAPASSolano Bahena René¹ y Aguirre Jorge²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Ingeniería, UNAM
resolanoba@gmail.com

El principal objetivo del presente trabajo, fue estimar acelerogramas sintéticos de un sismo de magnitud 7.3 en la Ciudad de Tapachula, Chiapas, ocurrido el 7 de noviembre de 2012 cerca de las costas de Guatemala. Para ello, se combinaron

los métodos de las Funciones de Transferencia Empíricas y el Método Estocástico de Boore (1983, 2003), que es útil para simular los movimientos del terreno de alta frecuencia ($f > 0.1$ Hz), lo cual es de mucho interés en el campo de la ingeniería. Las funciones de Transferencia Empíricas se calcularon con 17 eventos sísmicos grabados por una red temporal instalada durante el periodo del 15 de junio al 29 de julio de 2011, en la Ciudad de Tapachula. Para comprobar el grado de ajuste entre acelerogramas con la metodología utilizada en este trabajo, se utilizaron las métricas propuestas por Anderson (2004). Posteriormente, se realizaron pruebas con acelerogramas conocidos y se compararon con los resultados sintéticos obtenidos tras aplicar la metodología mencionada. Los resultados muestran buenos ajustes para ambas componentes horizontales en la simulación de un sismo de $M=4.7$ que fue registrado en la mayoría de las estaciones. Por lo que, el método aquí propuesto logra aproximarse mucho a los datos reales grabados en cada una de las estaciones. Esto demuestra la utilidad que este método tiene para simular registros de aceleración en las estaciones de la red temporal.

SIS-28 CARTEL

APLICACIÓN DEL COCIENTE ESPECTRAL V/H EN ALGUNAS ZONAS PROSPECTIVAS DE HIDROCARBUROS AL ORIENTE DEL PAÍS

Dionicio Sánchez Juan Antonio y Aguirre Jorge

Instituto de Ingeniería, UNAM

ja.dionicio15@gmx.com

El uso de un cociente espectral V/H (Lambert, 2006) es un método en el que utilizando solo registros de microtemores obtenemos información la cual podemos usar como indicio para la localización de áreas con hidrocarburos, en este trabajo se utiliza como base el método V/H utilizado por Saenger et al. (2009) y se aplica para una gran cantidad de datos (en intervalos de 30 minutos) obtenidos en zonas prospectivas y no prospectivas de hidrocarburos ubicadas al noreste del país además se calculan modelos de elipticidad con diferentes estructuras de velocidad (Prado Morales, 2014) para darnos una idea del tipo de estructura en el que se puede obtener esta respuesta. Se pretende corroborar los resultados obtenidos con información de pozo para comprobar la veracidad del método.

SIS-29 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS EN SINTONÍA SÍSMICA EN EL CRÁTER DE CHICXULUB

Carrillo Concilio Fernando Arturo y Salguero Hernández Eduardo

Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

fer.carrillo14@gmail.com

El Cráter de Chicxulub cuya importancia se da en su conservación única entre los cráteres de impacto existentes en el planeta, es una estructura compleja que presenta particularidades en su estratigrafía de secuencias. A partir de la aplicación de atributos sísmicos, en este trabajo, se logra observar la presencia de sintonía en litología cuya deposición es debida a la dinámica del craterismo. Para nuestra investigación, la sintonía sísmica en materiales que se encuentran en el subsuelo es una característica relevante en la información sísmica que nos indica cambios en la litología. Este análisis usó el atributo de envolvente de amplitud en distintas bandas de frecuencia para la misma línea sísmica. Se encontraron zonas de mayor amplitud asociadas a un efecto de sintonía como una respuesta elástica de una unidad litológica o conjunto de unidades litológicas Mesozoicas y Cenozoicas. Se generaron distintas imágenes de envolvente de amplitud para las líneas sísmicas A y A1 del cráter de Chicxulub que permitieron distinguir distintas características: la brecha expulsada a las orillas del cráter, el material fundido parcialmente en el interior del mismo, y los carbonatos previos y posteriores al impacto meteorítico.

SIS-30 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA CORTEZA EN LA ZONA CENTRAL DE LAS ISLAS MARIAS A PARTIR DE DATOS DE SÍSMICA DE GRAN ÁNGULOSantibáñez López Héctor Francisco¹, Núñez Escribano Diana²,Núñez Cornú Francisco Javier³ y Córdoba Barba Diego³¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOC²Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España
hfsi@outlook.com

El margen occidental de México es una de las zonas sísmicas más activas en Norteamérica. Es también una región en donde ha ocurrido grandes terremotos con consecuencias muy destructivas, incluyendo la generación de tsunamis. Lo anterior, debido a la interacción entre las placas de Norteamérica con la placa de Cocos, la placa de Rivera y la placa del Pacífico. Para el estudio de este complejo marco tectónico se llevó a cabo, entre los años 2014 y 2016, el proyecto TSUJAL (Caracterización del Peligro sísmico y tsunamigénico asociado con la estructura cortical del contacto Placa Rivera-Bloque de Jalisco) en el cual se adquirieron datos de diferentes metodologías como sísmica de reflexión multicanal, sísmica de gran ángulo, con registros simultáneos en estaciones de tierra y OBS marinos, así como

un detallado estudio de batimetría de alta resolución, a lo largo de los perfiles sísmicos, acompañado de la obtención de medidas de campos potenciales. En este trabajo se procesaron e interpretaron los datos de sísmica de gran ángulo a lo largo del perfil mar-tierra, RTS-IM06b y RTS-IM06, de aproximadamente 200 km de longitud, perpendicular a la línea de costa del Pacífico, ubicado en la zona central de las Islas Marías. Se obtuvo un modelo de velocidades de ondas P a través del software de Zelt y Smith de 1992, utilizando los ensamblajes de OBS desplegados en mar y estaciones sísmicas instaladas en tierra. Posteriormente, se realizó la inversión de los datos con el software TOMO2D.

SIS-31 CARTEL

ESTUDIO DE LA SISMICIDAD EN EL BLOQUE DE JALISCO A PARTIR DE DATOS DE LA RED SÍSMICA Y ACELEROMÉTRICA DE JALISCO (RESAJ) Y LA RED SÍSMICA TEMPORAL DEL PROYECTO TSUJAL

Ponce Ayala Juan Carlos¹, Núñez Escribano Diana², Núñez Cornú Francisco Javier², Alarcón Salazar Edgar³ y Córdoba Barba Diego³

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Universidad de Guadalajara, UdeG

³Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España
ponceayala.potencial@gmail.com

El proyecto Tsujal se desarrolló entre 2012 y 2016 con el objetivo principal de estudiar la estructura de la Litosfera en las zonas de convergencia de las placas de Rivera y Norteamericana y del Bloque de Jalisco, así como la identificación de estructuras submarinas que puedan ser fuentes de tsunamis. Este proyecto se dividió en dos fases; una fase activa llevada a cabo en 2014 y una fase pasiva en 2016. En el periodo de Marzo a Octubre de 2016 se instalaron un total de 20 estaciones sísmicas modelo Obsidian (Kinematics) con sensor LE3D-lite 1 Hz a lo largo de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán, y 10 OBS a lo largo de las costas del Bloque de Jalisco. Estas estaciones estuvieron registrando conjuntamente con las estaciones permanentes de la Red Sísmica y Acelerométrica de Jalisco – RESAJ. En este trabajo se presenta una comparativa entre las localizaciones automáticas generadas por el sistema Antelope de la sismicidad registrada por la RESAJ y las localizaciones automáticas del registro simultáneo de ambas redes. Además, se seleccionó un mes de datos para realizar la relocalización de sismos en conjunto con las redes antes mencionadas, con el objetivo de mejorar la ubicación de los hipocentros de los eventos sísmicos, así como determinar el tipo de fuente.

SIS-32 CARTEL

ANÁLISIS DEL TENSOR REGIONAL DE MOMENTO SÍSMICO EN EL BLOQUE DE JALISCO

Yela Portilla Jose Daniel y Gómez González Juan Martín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jdyelap@uqvvirtual.edu.co

Se llevo a cabo la inversión del tensor regional de momento sísmico (TRMS) para analizar la sismicidad en el bloque de Jalisco (BJ). Ésta es una de las herramientas más completas para caracterizar las estructuras sismogénicas. La sismicidad cortical en el BJ es el producto del movimiento relativo de múltiples fallas activas, varias de ellas aún no han sido cartografiadas ya que carecen de expresión en superficie. La cuantificación de los parámetros de salida de la solución del tensor, como la reducción de varianza, el tamaño de la malla de búsqueda (FMVAR), la variación del mecanismo focal por vecindad de la grilla (STVAR) y el porcentaje de doble par del tensor, entre otros parámetros, dependen del número y de la distribución de estaciones sísmicas, así como del tamaño del evento y el modelo de corteza utilizado. Todos estos factores miden y garantizan una buena solución del TRMS. Este trabajo fue motivado al observar la pobre instrumentación y distribución de estaciones sísmicas en México y muchos otros países y la creciente necesidad de estudiar la actividad cortical y reconocer fallas activas que generan peligro sísmico en estos lugares. Para dar solución a la anterior problemática, analizamos la sismicidad registrada por el Servicio Sismológico Nacional de México (SSN) y el proyecto Mapping the Rivera Subduction Zone (MARS), evaluamos la sensibilidad y resolución del software ISOLA y comparamos sus soluciones para diferentes eventos con respecto a los publicados en la agencia Global Centroid Moment Tensor (CMT) y otros softwares de inversión. Identificamos los principales "clusters" de eventos sísmicos, cuya distribución correlacionamos con la topografía, las anomalías magnéticas y las estructuras geológicas (lineamientos, fallas y calderas). Finalmente, se invirtieron los eventos de mayor magnitud en cada uno de los "clusters". Se concluye que para obtener una solución confiable del tensor, se requieren al menos 2 estaciones sísmicas que se encuentren en cuadrantes diferentes, que la reducción de varianza sea mayor a 0.5 y que la malla de la búsqueda espacio-temporal presente soluciones estables del tensor para vecindades cercanas. Por lo que bajo dichas condiciones, la mínima magnitud para invertir un evento es 3.0. Con respecto a los eventos invertidos para el BJ se resaltan fallas ya reportadas y se infiere la existencia de otras estructuras geológicas.

SIS-33 CARTEL

MEDICIONES DE ANISOTROPÍA DE CORTEZA A PARTIR DE TREMOR TECTÓNICO EN CASCADIA

Huesca Pérez Eduardo¹, Ortega Roberto² y W. Valenzuela Raúl¹

¹CONACYT - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE Unidad La Paz
ehuesca@gmail.com

Nuevas mediciones de anisotropía de corteza se han obtenido a partir de tremor tectónico en Cascadia. El tremor tectónico es abundante en los estados de Oregón y el norte de California durante los episodios de sismo lento. Esta enorme cantidad de información ofrece una oportunidad única para medir y analizar anisotropía cortical. El estudio emplea criterios de polarización y métodos clásicos de anisotropía (e. g. Silver y Chan, 1991) en donde se procesan sismogramas de banda ancha de tres componentes. Los resultados muestran que la magnitud de la anisotropía se encuentra dentro del rango de 0.11 s y 0.32 s. Estos valores son similares a los que se observan típicamente en la corteza. Las direcciones rápidas están orientadas N – S, y son en general paralelas a la costa. Asimismo, las direcciones rápidas son paralelas al máximo esfuerzo compresivo observado en la región lo que sugiere que el patrón pudiera estar controlado por el campo de esfuerzos. Comparativamente hablando, la anisotropía observada en la zona norte de Cascadia es oblicua respecto al sur, con direcciones rápidas orientadas, en general, E – W y se piensa que principalmente puede estar controlada por estructuras geológicas y fallas activas. Los resultados regionales sugieren que la anisotropía es consecuencia de un proceso tectónico activo que involucra el movimiento N – S del bloque de Oregón, que rota como un cuerpo rígido. En el norte de Cascadia, la corteza continental está sufriendo un proceso de compresión debido a diferencias de velocidades entre el bloque de Oregón y la placa de Norteamérica, la cual se mueve mas lentamente que el bloque de Oregón lo que hace que el bloque choque contra la Isla de Vancouver.

SIS-34 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE PUNTUAL EN UN SISTEMA DE MODELADO DE ONDAS 2D ELÁSTICO BASADO EN GALERKIN DISCONTINUO

Silva Alberto¹, Sanabria Jose¹ y Tago Pacheco Josue²

¹Universidad Industrial de Santander

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
silva.l.a.l@gmail.com

La sismología computacional es una herramienta muy importante que permite simular y estudiar el comportamiento de los procesos que ocurren en el interior de la tierra, a través de modelos generados haciendo uso de compleja formulación matemática y de los métodos numéricos. Existe una gran variedad de métodos numéricos, con ciertas ventajas y desventajas, los cuales permiten la discretización de un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales para obtener una aproximación del campo de onda. Recientemente, nuevos métodos han sido desarrollados para mejorar ciertas características específicas de otros métodos, por ejemplo: Los métodos Galerkin Discontinuo (GD), los cuales combinan características de los métodos de Elementos Finitos (EF) y los métodos de Volumen Finito (VF) para obtener mejor aproximación en la solución del problema que se quiere resolver. En este trabajo se muestra un sistema computacional GD hp-adaptivo, desarrollado usando Python para simular el campo de onda elástica 2D, por medio del cual se realiza la caracterización de una fuente puntual gaussiana sobre un soporte espacial gaussiano, aprovechando la libertad para variar el orden de aproximación de los polinomios interpolantes dentro de los elementos y la variación del tamaño de dichos elementos.

SIS-35 CARTEL

LA ENTROPÍA POISSONIANA COMO POSIBLE OBSERVABLE PREMONITORA DE LA OCURRENCIA DE GRANDES SISMOS

Despaigne Longchamps Griselda, Nava Pichardo

Fidencio Alejandro, Glowacka Ewa y Frez José
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
griselda@cicese.edu.mx

La distribución espacial de la sismicidad presenta algunas características que cambian, i.e., presentan anomalías, previamente a la ocurrencia de grandes sismos, por lo que dichas anomalías pueden ser útiles para modificar o mejorar pronósticos sísmicos. Entre las características premonitoras se encuentran cambios en la dimensión fractal de la sismicidad, que indican que los hipocentros tienen a formar cúmulos, y la presencia o ausencia de cúmulos influye en los valores de la entropía de Shannon de la sismicidad. La entropía es calculada a partir de las probabilidades asignadas a celdas espaciales que constituyen los estados del sistema, pero la manera usual de calcular las probabilidades tiene la desventaja de que presenta saturación relacionada con el número total de eventos observados. Utilizamos el concepto de entropía Poissoniana comparada con la entropía uniforme para obtener una medida que permite observar comportamientos característicos previos a la ocurrencia de grandes sismos. La utilidad de dicha medida es probada mediante

catálogos sintéticos y mediante su aplicación a la sismicidad de la región de Honshu en Japón. Los resultados son comparados con los aportados por estudios de cambios en la dimensión fractal y en el valor b de Gutenberg-Richter.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizadores:

Pablo Dávila

Hugo Delgado

VUL-1

MONITOREO TÉRMICO SATELITAL DE LOS VOLCANES POPOCATÉPETL Y COLIMA

Nieto-Torres Amiel, Espinasa-Pereña Ramón, Caballero Jiménez Gema
Victoria, Castañeda Bastida Elizabeth y Hernández Oscoy Ariadna
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
anieto@cenapred.unam.mx

Como parte del monitoreo volcánico que el CENAPRED lleva a cabo en los volcanes Popocatepetl y Colima, se correlacionaron los datos de imágenes térmicas satelitales con los eventos eruptivos registrados en estos volcanes. Se analizaron los datos de anomalías térmicas desde el año 2002, a través del sistema MODVOLC de la Universidad de Hawái e imágenes Landsat 7 y 8. Se pudo observar una correlación entre los eventos sísmicos registrados en estos volcanes y las anomalías térmicas registradas por los sensores remotos. A partir de los datos obtenidos por el sistema MODVOLC se han establecido series de tiempo para las variaciones térmicas que presentan estos volcanes, se definieron periodos que van desde un par de meses hasta años completos de actividad intensa, teniendo también periodos de reposo. Estos periodos de reposo se han mantenido por un lapso de hasta tres meses después de cada evento eruptivo en el Popocatepetl, hasta varios años en el caso del volcán de Colima. En el Popocatepetl, además se han detectado a través de este sistema 16 picos de actividad, siendo los más intensos los de diciembre del 2002 y de abril de 2012 a julio de 2013; mientras que en el volcán de Colima se han observado anomalías térmicas intensas en 2004-2005, 2010-2011 y de 2013 a 2017, especialmente durante los episodios de extrusión de lava pero también durante algunos eventos explosivos puntuales en ambos volcanes. Este sistema de monitoreo térmico satelital ha permitido coadyuvar a los demás sistemas de monitoreo como el sísmico y el geoquímico y mejorar el pronóstico sobre la actividad de estos dos volcanes. En el Popocatepetl, diversos domos con volúmenes menores a 1 x106 m3, han sido emplazados dejando un pobre registro sísmico, este sistema de monitoreo de anomalías térmicas ha permitido detectar la presencia de cuerpos de lava en el interior del cráter, que después ha sido corroborada con sobrevuelos o con imágenes de satélite.

VUL-2

ACTIVIDAD SÍSMICA-ACÚSTICA ASOCIADA CON LA ERUPCIÓN EFUSIVA-EXPLOSIVA DEL VOLCÁN DE COLIMA DE SEPTIEMBRE DE 2016 A FEBRERO DE 2017

Arámbula-Mendoza Raúl¹, Reyes-Dávila Gabriel¹, Capra Lucia², Navarro-Ochoa Carlos³, González-Amezcuza Miguel¹, Vargas-Bracamontes Dulce³, Márquez Ramírez Víctor Hugo², Martínez-Fierros Alejandro¹ y Ramírez-Vázquez Carlos Ariel¹
¹Universidad de Colima, CUEIV
²Centro de Geociencias, UNAM
³Cátedras CONACYT, CUEIV
raul_arambula@ucom.mx

Después del intenso episodio eruptivo del 2015, el Volcán de Colima entró en una etapa de explosividad Vulcaniana de baja a moderada intensidad durante gran parte del 2016, hasta que a partir del 26 de septiembre se presentó un descenso en el número de explosiones y un aumento en los eventos de largo periodo (LPs) y de alta frecuencia (HFs). Días después de este aumento en la microsismicidad, un domo de lava relleno casi en su totalidad el anfiteatro dejado por la erupción del 2015. Posteriormente, para los primeros días de octubre se observaron derrumbes de material incandescente y un flujo de lava que descendió con una dirección hacia el sur hasta la base del edificio volcánico. Para el 27 de octubre se detectó otro pulso de magma que generó otro pequeño flujo de lava que se emplazó también hacia el sur del cráter del volcán sin llegar a su base. Después de esta actividad efusiva, el volcán inició una actividad explosiva durante noviembre-diciembre. Para el 7 de enero del 2017 se presenta una explosión que es escuchada y percibida hasta la ciudad de Colima. Después de esta explosión, otras 8 explosiones consideradas como importantes se presentaron entre enero y febrero del 2017. Muchas de estas explosiones fueron precedidas por microsismicidad. Esta actividad fue monitoreada por la Red Sísmica Telemétrica del Estado de Colima (RESCO), la cual pertenece al Centro Universitario de Estudios e Investigaciones de Vulcanología (CUEIV) de la Universidad de Colima. Adicionalmente, un sensor acústico instalado por el Centro de Geociencias de la UNAM cerca de la estación sísmica de Montegrande registró las explosiones más importantes de enero y febrero del 2017. Con esta instrumentación se hace el monitoreo en tiempo real de la actividad del Volcán de Colima, el monitoreo sísmico-acústico incluye la localización de volcano-tectónicos (VTs), explosiones, tremores y derrumbes, conteo de eventos, cálculo de las energías sísmicas y acústicas de las explosiones, RSEM, etc. Particularmente, las señales acústicas de las explosiones tuvieron una forma de onda característica de 'N', con un primer pulso de compresión, seguido por una dilatación para terminar con una pequeña compresión. La energía sísmica observada en las explosiones tuvo valores por arriba de 1e+8 Joules, mientras que la energía acústica únicamente presentó 5 explosiones que superaron este valor. Con estos valores el cociente entre la energía acústica y la sísmica se mantuvo principalmente menor a 1. Esto nos indica que la fuente sísmo-acústica es probablemente generada en un conducto largo y estrecho, de igual forma la pluma volcánica fue densa, cargada de ceniza según son los modelos de Johnson y Aster (2005). De igual forma el tiempo entre la llegada de la onda sísmica y la onda acústica se observa entre 15.6 a 19.6 seg, lo

que nos habla de una profundidad con poca variación de la fuente. Estas explosiones no superan a la actividad observada en el 2005, cuando se presentaron explosiones hasta dos órdenes de magnitud mayores en la energía sísmica liberada.

VUL-3

DINÁMICA DE DESGASIFICACIÓN DEL VOLCÁN MAMMOTH MOUNTAIN, CALIFORNIA

Peiffer Loic¹ y Wanner Christoph²
¹Departamento de Geología, CICESE
²Institute of Geological Sciences, University of Bern
loic.peiffer@gmail.com

El volcán Mammoth Mountain (California, EE.UU.) se caracteriza por altas emisiones de CO₂ en suelos que han variado a lo largo de las últimas décadas, alcanzando máxima de hasta ~1000 t d⁻¹. El modelo conceptual para explicar esta importante tasa de desgasefacción involucra la presencia de un reservorio de gas de tipo CO₂-dominante ubicado debajo de una capa sello, a menos de 4 km de profundidad. La acumulación de CO₂ dentro del reservorio se atribuye a la desgasefacción de fluidos enriquecidos en CO₂ por parte de intrusiones basálticas ubicadas a mayor profundidad. Para esta contribución, se presenta el primer modelo numérico a gran escala de transporte de fluidos y calor dentro del volcán. Este modelo está basado en mediciones de flujo de CO₂, así como en datos geoquímicos y geofísicos. Además, mediante un análisis de sensibilidad, se discuten los procesos (i) que conducen a la formación del reservorio de gas y (ii) que controlan la migración de CO₂ hacia la superficie.

VUL-4

DINÁMICA DE PROYECTILES BALÍSTICOS VOLCÁNICOS: NUEVAS PERSPECTIVAS A PARTIR DE VIDEOS DE ALTA VELOCIDAD Y DEFINICIÓN

Alatorre Ibarquengoitia Miguel Angel¹, Taddeucci Jacopo², Cruz Vázquez Omar¹, Del Bello Elisabetta², Ricci Tullio², Scarlato Piergiorgio² y Palladino Danilo³
¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
³Sapienza Università di Roma
miguel.alatorre@unicach.mx

Los proyectiles balísticos volcánicos son fragmentos de roca y lava producidos por explosiones volcánicas que al ser expulsados del cráter siguen trayectorias aproximadamente parabólicas. Estos proyectiles representan un peligro importante para la vida, las propiedades y la aeronavegación debido a sus elevadas temperaturas y a sus altas energías cinéticas asociadas. Tradicionalmente, los proyectiles balísticos han sido modelados considerando solamente la fuerza de gravedad y arrastre con el aire y suponiendo que estos proyectiles tienen formas geométricas simples y se mueven a través de aire inmóvil. Nuestras recientes observaciones con cámaras rápidas y de alta definición en diferentes volcanes del mundo, con distintos estilos eruptivos y composiciones químicas, nos permiten acceder a una nueva escala espacial y temporal para esclarecer aspectos fundamentales de la dinámica de los proyectiles que hasta ahora prácticamente no habían sido considerados incluyendo: 1) complejos giros y rotaciones, que controlan la fuerza de arrastre y además pueden derivar en el efecto Magnus capaz de desviar la trayectoria de los proyectiles; 2) deformación y fragmentación de los proyectiles durante el vuelo, en función de las propiedades del proyectil (bombas vs bloques); 3) colisiones, las cuales afectan el tamaño, forma y trayectoria de los proyectiles y son controlados por los distintos pulsos eruptivos; 4) formación de cráteres de impacto, a partir de una nueva relación empírica establecida mediante la determinación simultánea del tamaño y velocidad de caída del proyectil y del tamaño del cráter de impacto resultante; 5) Estimación in-situ del coeficiente de arrastre aparente, el cual refleja un rango más amplio de lo que hasta ahora ha sido considerado. Estas observaciones únicas ofrecen nuevas perspectivas para la definición de zonas de peligro por proyectiles balísticos, la interpretación de depósitos de proyectiles emitidos por erupciones pasadas y la definición de acciones de mitigación ante estos productos.

VUL-5

EL MAAR JOYA DE YURIRIA (GUANAJUATO): ESTILO ERUPTIVO Y MEDIO AMBIENTE

Kshirsagar Pooja¹, Siebe Claus² y Miranda-Avilés Raúl¹
¹Departamento de Ing. en Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental,
División de Ingenierías, Sede San Matías, Universidad de Guanajuato
²Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM
pooja@vulcan@gmail.com

El maar Joya de Yuriria, antiguamente llamado Yuririapundaro ("lago de sangre", en Purihecha, debido al periódico florecimiento de algas que tornaban rojas las aguas del lago al interior del cráter), es uno de los pocos volcanes monogenéticos de origen freato-magmático que ocurren en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). Este campo está dominado por conos de escoria (>1000) y escudos de volumen medio (>400). La escasez de volcanes freato-magmáticos en el

CVMG indica que una de las condiciones principales necesarias para su formación (abundancia de agua externa al magma en el subsuelo somero) rara vez se cumple. Esto se debe en gran medida al hecho de que la mayor parte del CVMG cubre áreas topográficamente altas con un nivel freático profundo. En otras palabras, para que ocurra una erupción freato-magmática, se requiere de acuíferos someros saturados y que el agua subterránea además pueda fluir hacia el centro eruptivo de manera constante y en suficiente cantidad durante todo el transcurso de la erupción. Por ello, los maeres generalmente ocurren en zonas topográficamente bajas como lo son las cuencas lacustres del Altiplano Mexicano. Sin embargo, aun en las cuencas lacustres, las condiciones para la formación de maeres no son siempre óptimas. El presente estudio tiene como objetivo determinar en el caso de la Joya de Yuriria las condiciones específicas que favorecieron su origen y que incluyen tanto factores externos como lo son la geometría y naturaleza de los acuíferos, las estructuras tectónicas, las condiciones paleo-climáticas (principalmente precipitación anual), etc., así como factores inherentes al sistema magmático (taza eruptiva, composición del magma, viscosidad, contenido de volátiles, etc.) al momento de la erupción. El cráter Yuriria tiene una forma ligeramente alargada en sentido NW-SE y un diámetro máximo de borde a borde de 0.91 km con una altura > 60 m sobre el nivel del pequeño lago interior. Se localiza sobre las pendientes inferiores de dos volcanes escudo, los Cerros El Capulín hacia el sur y el Cerro Santiago hacia el sureste y a sólo 1 km de distancia al sur de la ribera del extenso Lago de Yuriria, en las inmediaciones del poblado del mismo nombre. El maar se compone exclusivamente de típicos depósitos freato-magmáticos (oleadas y depósitos de caída) que presentan mala clasificación y son ricos en líticos accidentales con muy pocos fragmentos juveniles (andesita basáltica, SiO₂ = 54.3 wt.%). La secuencia de estos depósitos freato-magmáticos está subyugada por antiguos flujos de lava andesíticos (SiO₂= 57.4-60.0 wt.%) del Cerro Santiago, mismos que están expuestos en la pared interior del cráter. Un estudio detallado revelará información importante sobre las condiciones paleo-ambientales que existieron durante la formación de este cráter, que posteriormente podrán compararse con datos de volcanes similares en esta región como lo son la Alberca de Guadalupe y El Caracol, cerca de Zacapu, en Michoacán. Hasta el momento, una de las principales incógnitas es la edad de este volcán, misma que se intentará determinar con métodos radiométricos en un futuro cercano.

VUL-6

VARIACIÓN TEXTURAL Y ESTRATIGRÁFICA EN PRODUCTOS EXPLOSIVOS DE UNA CALDERA SILÍCICA CON CONDICIONES DINÁMICAS DE HIDROVULCANISMO Y TECTÓNICA: EJEMPLOS DE LA CALDERA DE ILOPANGO, EL SALVADOR

Dávila Harris Pablo¹, Suñé Puchol Iván², Aguirre Díaz Gerardo², Pedrazzi Dario³, Hernández Walter³, Gutiérrez Eduardo³ y Escobar Demetrio³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Centro de Geociencias, UNAM

³Observatorio Vulcanológico, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, MARN
pablo.davila@ipicyt.edu.mx

La caldera de Ilopango ha producido una extensa y compleja estratigrafía volcánica durante el Cuaternario y hasta el Holoceno, dominada principalmente por productos piroclásticos, como ignimbritas y depósitos de caída. Ilopango es una caldera silícica localizada en el Arco Volcánico de América Central, en El Salvador, hospeda un gran lago, y está considerada como una de las más activas en América Central, en un contexto tectónico sumamente activo. Estudios previos se han basado principalmente en la erupción Holocénica Tierra Blanca Joven (TBJ), ignimbrita freatomagmática silícica de gran volumen e impacto, sin embargo, los depósitos piroclásticos que le preceden han sido poco estudiados. El grupo de trabajo ha reconocido cerca de doce ignimbritas separadas por paleosuelos, sedimentos o lavas, correlacionadas al rededor de la caldera. Este trabajo utiliza las unidades mejor expuestas, para reproducir la secuencia de eventos explosivos en base a un análisis sedimentológico, de litofacies y su asociación. Hasta ahora se ha estudiado, además de geocronología y geoquímica, un contexto estratigráfico y evolutivo, y donde ha sido posible, se han determinado mecanismos de emplazamiento, transporte y dinámica eruptiva. Resultados preliminares exhiben tres principales tipos de depósitos piroclásticos de la caldera de Ilopango: unidades Tipo I, están representadas por las unidades basales de la estratigrafía expuesta perteneciente a la caldera, y entre estas se encuentran las ignimbritas Olocuitta, Colima y Apopa, del Pleistoceno medio a superior. Son tobas de lapilli (ignimbritas) masivas, no soldadas a soldadas, de coloraciones café a rosáceo. Estas ignimbritas son extensas y voluminosas aunque no contienen brechas líticas considerables. Pudieran representar las primeras etapas de vulcanismo explosivo de Ilopango, previo a la formación de la caldera de colapso y probablemente de el lago cratérico. Las unidades Tipo II comprenden por lo menos ocho ignimbritas freatomagmáticas de colores claros, que van del Pleistoceno superior al Holoceno, de composición mayormente riolítica, separadas por paleosuelos o superficies de erosión. Estas pueden o no contener depósito de caída a la base, subyaciendo a tobas de lapilli variablemente estratificadas, ricas en finos y con abundantes agregados de ceniza (lapilli acrecional y pellets). Finalmente las unidades Tipo III, son depósitos de caída Pliniana, de composiciones riolíticas a dacíticas, clasto-soportadas y sin ignimbrita sobreyaciéndoles, incluyen las tobas Cofitepeque y TB4. Tales variaciones en los productos eruptivos, de condiciones "secas" (ignimbritas soldadas, eutaxíticas), a las más jóvenes y recurrentes erupciones "húmedas" (ignimbritas freatomagmáticas),

podría estar relacionado con el comienzo de la formación del lago caldérico, y por lo tanto, la generación de erupciones explosivas a través de grandes y profundos cuerpos de agua. Investigaciones en curso, incluyen: a) La temporalidad y génesis del protovolcán/caldera; b) Los tiempos de formación y evolución del lago de Ilopango y su influencia en la arquitectura de las ignimbritas; c) La poca variabilidad geoquímica y petrológica del magma a través del tiempo, y finalmente; d) Volúmenes, geocronología y petrogénesis de las unidades eruptivas para determinar frecuencias eruptivas.

VUL-7

ANÁLISIS ESPACIAL DE CAMPOS MONOGENÉTICOS EN EL E Y W DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Sieron Katrin¹, Guilbaud Marie-Noelle², Connor Laura³ y Connor Charles³

¹Universidad Veracruzana, UV

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³University of South Florida
ksieron@gmail.com

El Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) es un margen continental activo que se caracteriza por vulcanismo predominantemente monogenético. A lo largo de su extensión del W al E por más de 1000 km, existen miles de volcanes monogenéticos, predominantemente conos de escoria y en menor abundancia pequeños volcanes escudo, domos de lava y cráteres de explosión. Este tipo de volcanes tiende a presentarse en acumulaciones (clusters), los cuales se denominan campos volcánicos monogenéticos. Han sido descritos varios de los campos más importantes del CVTM, entre ellos Mascota y San-Pedro Ceboruco en el W, Michoacán-Guanajuato y Valle de Bravo Zitácuaro en el Centro-W, Chichinautzin en el centro y Serdán Oriental, Palma Sola y Xalapa en el E. Existen además acumulaciones de volcanes monogenéticos alrededor de volcanes poligenéticos o entre estos campos "definidos"; para que se defina una acumulación como "campo", generalmente se utilizan criterios estructurales y químicos entre otros. El análisis espacial permite identificar las zonas más densas en los campos o acumulaciones de volcanes monogenéticos y realizar estimaciones de probabilidades de ocurrencia futura (mediante la función kernel). Realizamos este ejercicio en los volcanes alrededor del Ceboruco (CVTM occidental), en el campo Xalapa (CVTM oriental) y en Los Tuxtlas al SE del CVTM. Además de identificar zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de vulcanismo, también se revelan diferencias estructurales entre los campos individuales.

VUL-8

EVALUACIÓN DEL RIESGO RELATIVO DE LOS VOLCANES EN MÉXICO: HACIA UN SERVICIO VULCANOLÓGICO NACIONAL

Espinasa-Pereña Ramón y Nieto-Torres Amiel
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
respinasa@cenapred.unam.mx

En el marco de la creación de un posible Servicio Vulcanológico Nacional como parte del Sistema Nacional de Alertas, se realizó un diagnóstico de las necesidades de monitoreo volcánico de México, basado en los peligros presentados por 46 volcanes y/o campos volcánicos considerados geológicamente activos en el país y dos volcanes situados fuera del Territorio Nacional (Estados Unidos y Guatemala), pero que por su cercanía se considera que son potencialmente peligrosos para algunas de las ciudades fronterizas en México. El nivel de conocimientos que se tiene acerca de la historia eruptiva de cada uno de los volcanes varía mucho. Se consideraron todos aquellos volcanes y campos volcánicos para los que existen evidencias en la literatura de haber presentado actividad eruptiva durante los últimos 10,000 años, así como aquellas calderas y campos geotérmicos con actividad en los últimos 100,000 años, considerando el periodo de retorno mucho más grande que presentan este tipo de volcanes. Se tomaron en cuenta las listas de volcanes activos consideradas por el programa de vulcanismo global del instituto Smithsonian (<http://www.volcano.si.edu/>), por Capra et al. (2007), De la Cruz-Reyna (2008), Martínez Bringas et al. (2006) y Varley (2012), aunque no todos los volcanes mencionados en dichos catálogos fueron incluidos, ya que en varios no existen evidencias de actividad Holocénica. El cálculo del riesgo relativo representado por cada volcán se hizo mediante una modificación de la metodología propuesta por Ewert et al. (2005) y Ewert (2007). En esta metodología se asignan valores de Peligro Relativo a cada volcán, en función de su estilo eruptivo, alcance de sus productos, frecuencia de sus erupciones y señales de actividad. De igual manera, se hace un análisis de sistemas expuestos para determinar un valor de Vulnerabilidad Relativa. Estos dos valores se multiplican para obtener un valor de Riesgos Relativo en cada volcán. Se categorizaron a los volcanes en cinco niveles, desde Muy Alto (Nivel 5) hasta Muy Bajo (Nivel 1). De tal manera que los volcanes de mayor riesgo relativo son: Popocatepetl, Colima, Ceboruco, Citlaltépetl, Chichón y Tacaná.

VUL-9 CARTEL

REGISTRO MAGMATICO EN EL NORESTE DE MEXICO

Martínez Rodríguez Edgar y Ramírez Fernández Juan Alonso
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 martinezrodrigueze_2909@hotmail.com

El presente trabajo tiene como objetivo documentar sucesos de origen magmático, que van de edades del Precámbrico al Cenozoico, en localidades del Noreste de México. El estudio del magmatismo es una excelente herramienta para dilucidar procesos geológicos del pasado. La formación del supercontinente Rodinia ocurrió hace 1,110 Ma, ensamblado a través de eventos orogénicos para posteriormente fragmentarse en el Paleozoico. Rodinia duró alrededor de 150 Ma después de su ensamble completo. El súper continente Pangea se empezó a formar en el período Devónico, ya que los principales océanos paleozoicos empezaban a cerrarse, dando lugar a la denominada "pre Pangea". Después, producto de los cambios y movimientos de las placas tectónicas, el supercontinente rompió alrededor de los 195 Ma, durante el Jurásico Inferior. Las diferentes manifestaciones de rompimientos y colisiones en la historia geológica, la actividad intraplaca y de corteza continental son de vital importancia para el tema. Se discutirá acerca de magmatismo del Precámbrico, e.g. sobre enjambres de diques que cortan al Gneis Novillo, de los cuales una generación sufrió metamorfismo y otra es posmetamórfica. Se sugiere que el magmatismo para estos diques está relacionado con una pluma del manto y a la separación de Avalonia de Oaxaquia. En el período Paleozoico se crearon arcos e islas oceánicas, y a esto se le ha relacionado a la clausura del océano Rheico y a la resultante formación de Pangea después de la colisión entre Gondwana y Laurentia. Debido a la gran similitud entre las edades de emplazamiento de las rocas magmáticas, se considera que la Unidad Tonalita y la Riolita Aserradero pertenecen a eventos magmáticos distintos, pero ambas asociados al arco volcánico Gondwánico del Carbonífero. Desde el Triásico - Jurásico se registra un arco volcánico continental desarrollado como parte de un arco magmático cordillerano, denominado Arco de Nazas, para ser erosionado y depositado bajo la Formación La Joya. En las escasas rocas volcánicas cretácicas se tienen reportadas cenizas volcánicas alteradas a bentonita de la Fm. San Felipe del Turoniano. Finalmente, en el período Cenozoico, en la Sierra de Tamaulipas y San Carlos, afloran rocas ígneas generadas como respuesta a la evolución geodinámica del Noreste de México bajo la influencia de un ambiente de intraplaca. El planeta tiene huellas y cicatrices de una dinámica interna y de las masas fundidas que ascienden, por ello es de suma importancia conocer como evolucionan estos sistemas, desde antiguos supercontinentes hasta las masas continentales de hoy en día

VUL-10 CARTEL

RECHARGE, RECYCLE, REPEAT: THE STEADY-STATE PLUMBING SYSTEM OF POPOCATÉPETL VOLCANO, MEXICO

Mangler Martin¹, Petrone Chiara Maria², Prytulak Julie¹, Hill Sam¹, Gisbert-Pinto Guillem³ y Delgado-Granados Hugo³
¹Imperial College London / Natural History Museum London
²Natural History Museum London
³UNAM
 m.mangler@nhm.ac.uk

Popocatepetl (Popo) is a quaternary stratovolcano located about 70 km SE of Mexico City. Continuously active since 1994, the present-day edifice is shaped by voluminous lava flows punctuated by at least six Plinian eruptions in the last 23 ka, the largest one being the VEI 6 Tutti Frutti Plinian eruption ~14 ka BP. We present a detailed textural and compositional study of phenocryst assemblages and populations in effusive and explosive products of the last 14 ka. Both pumices and lavas are hybridized products of 1) a mafic magma with a phenocryst assemblage of Cr-spl + ol (#Fo88) + opx (Mg# 79–90) + cpx (Mg# 84–93) ± pl at T=1040–1070°C, and 2) an evolved magma with T<960°C and pl (An32-50) + opx (Mg# 53–71) + cpx (Mg# 67–77) + ap + ox. Compositionally zoned px and pl and varying degrees of diffusive overprints imply frequent mafic injections into the evolved magma. Fe-Mg diffusion modelling in opx reveals pre-eruptive crystal residence times in the evolved melt from >1000 years to <7 days. This suggests that the evolved reservoir comprises multiple generations of antecrysts, and that mafic recharge can rapidly trigger both explosive and effusive eruptions by remobilising and recycling this reservoir. Pumices and lavas of the last 14 ka show consistent crystal populations only varying in modal abundances, and homogeneous whole-rock compositions. We therefore argue that Popo is buffered by an integrative, compositionally stable, steady-state plumbing system since at least the Tutti Frutti Plinian eruption 14 ka BP.

VUL-11 CARTEL

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE LOS CLASTOS VOLCÁNICOS DEL CONGLOMERADO EL COYOTE, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO: IMPLICACIONES GEOLÓGICAS

Camacho-Olachea Gabriel¹, Pérez-Venzor José Antonio²,
 Schwennicke Tobias² y Cortés Martínez Mara Yadira²
¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
²UABCS
 wars.gco@gmail.com

El trabajo expone las características petrográficas (macroscópicas y microscópicas) de los clastos volcánicos que forman parte del Conglomerado El Coyote que aflora al NE de La Paz, Baja California Sur. Esta unidad clástica junto con las areniscas rojas forman parte de la Formación Salto que es la secuencia clástica continental cenozoica más antigua de la región de La Paz. El conglomerado El Coyote cubre discordantemente al basamento granítico y está cubierto por rocas volcánicas de la Formación o Grupo Comondú. El análisis se realizó a partir de una población de 400 muestras colectadas del conglomerado El Coyote, la población se agrupó de acuerdo con los tipos principales de rocas por el origen y en subdivisiones menores como la fuente de formación. Las rocas mayoritarias que componen al Conglomerado El Coyote incluyen rocas ígneas (granitos, granodioritas, tonalitas y rocas volcánicas), rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, brechas y fangolitas) y escasamente rocas metamórficas. Las rocas volcánicas, representan la mitad del total de la población, de las rocas volcánicas un tercio son andesitas, otro tercio son tobas y el resto son clastos de ignimbritas, riolitas, rioladitas, dacitas, basaltos y vitrofidos. El subgrupo de las andesitas son derrames que se caracterizan por su textura porfídica y una alteración secundaria donde sobresalen minerales verdes (epidota?) tanto en la matriz y fenocristales, por su parte los fenocristales de las plagioclasas tienen un color blanco lechoso así como rosa (alteración potásica). Los clastos de tobas muestran una tendencia hacia las riolitas y andesitas principalmente. El subgrupo de las ignimbritas, son principalmente riolíticas con presencia mayoritaria de sanidino y fracturas rellenas de minerales carbonatados. Es notable como los componentes clásticos del conglomerado El Coyote están evidentemente silicificados principalmente en la matriz; la alteración potásica destaca en las andesitas siendo más perceptible en las plagioclasas que en la matriz. La alteración verde (epidota) se caracteriza por presentarse en el núcleo de los fenocristales y en menor grado en la matriz así como en fracturas de las rocas. En las tobas e ignimbritas sobresale la desvitrificación así como la presencia de carbonatos y mineralización de pirolusita con su estructura dendrítica. Se considera que las alteraciones potásica, epidotización y silicificación están asociados a una etapa de alteración hidrotermal y posteriormente una etapa de formación de carbonatos con el desarrollo de pirolusita ya expuestos en superficie.

VUL-12 CARTEL

EL USO DE LA GEOMÁTICA EN LA CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y MORFOLÓGICA DE LA CALDERA DE ILOPANGO, (EL SALVADOR)

Calderón Cucunuba Laura Paola¹, Noyola Medrano Cristina¹ y Aguirre Díaz Gerardo²
¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 lpcalderonc@unsl.edu.co

La Caldera de Ilopango se encuentra ubicada en El Salvador a 10 kilómetros al este de la ciudad de San Salvador. Esta estructura presenta una forma ovalada casi rectangular con dimensiones de 16 kilómetros de este-oeste y 13 kilómetros de norte-sur, y se encuentra ocupada por el Lago Ilopango. La Caldera de Ilopango forma parte del arco volcánico de Centro América que se extiende de Guatemala a Costa Rica a lo largo del margen activo de Pacífico. Este margen está asociado con la subducción oblicua de la Placa de Cocos bajo la Placa del Caribe. La escasa y antigua información geomorfológica de la Caldera de Ilopango no ha permitido establecer un vínculo entre las diferentes formas volcánicas observadas en Ilopango y los mecanismos tectónico-estructurales que están controlando la actividad y emplazamiento de estas estructuras volcánicas, y que, a su vez, inciden en el análisis de zonas de riesgo geológico. Por lo tanto, este trabajo pretende contribuir con la caracterización cuantitativa y cualitativa de la geometría y geomorfología de las estructuras volcánicas ubicadas al interior y borde de la Caldera a partir del tratamiento y análisis de Modelos Digitales de Elevación (MDE). El material utilizado en este trabajo son dos MDE generados a partir de curvas de nivel y de tecnología LiDAR, con una resolución espacial de 10 metros y 1 metro respectivamente. Con este material se extrajeron parámetros morfométricos, geomorfológicos y topográficos como pendiente, aspecto, curvatura, área, perímetro, profundidad y altura, entre otros. La Caldera de Ilopango tiene un área aproximada de 70.5 km², con un perímetro de 52.6 km; se encuentra a una altura entre 443 msnm (mínima) y 940 msnm (máxima), y en su interior el cual está ocupado por el Lago de Ilopango presenta una profundidad máxima de 235 metros. Los resultados permiten observar que la Caldera de Ilopango presenta pendientes bajas a medias con valores entre 4° a 42°. Las orientaciones del borde de la caldera son principalmente entre SE y NW, y presenta geoformas cóncavas relacionadas a las pendientes de mayor grado y formas convexas las cuales normalmente corresponden con las pendientes

de menor grado, lo anterior puede ser explicado en función de la acumulación de material erosivo en estas zonas. Los resultados obtenidos permiten concluir que el a Caldera de Ilopango presenta una geoforma más cercana a un rectángulo lo que podría estar relacionado a un control estructural. Además, la comparación de los datos obtenidos con el MDE de 10 m con respecto al MDE LIDAR, permiten concluir que el MDE de LIDAR presenta mayor exactitud para estudios geomorfológicos por su alta resolución espacial. Sin embargo, está la limitante de su alto costo de adquisición.

VUL-13 CARTEL

EXPERIMENTOS ANALÓGICOS Y SIMULACIONES NUMÉRICAS APLICADOS A LA EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS VOLCÁNICOS

Caballero Lizeth¹, Rodríguez-Sedano Luis Angel², Sarocchi Damiano³, Moreno Chávez Gamaliel⁴ y Borselli Lorenzo⁵

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UASLP

³Posgrado en Geología, UASLP

⁴caballero@ciencias.unam.mx

En los últimos años, las simulaciones numéricas se han aplicado ampliamente en la elaboración de mapas de peligros. Uno de los retos más grandes en su aplicación es la adecuada calibración de dichos softwares para reproducir los escenarios esperados. En el caso de eventos recientes, en los cuales se han observado los eventos a reproducir, la calibración resulta más precisa y las áreas de inundación y profundidades de flujo se encuentran mejor delimitadas. Sin embargo, en el caso de eventos antiguos, en donde generalmente se encuentran los escenarios de mayor magnitud y, por lo tanto, de mayor peligro, la calibración recae en la interpretación que se efectúa a partir de los depósitos o en la aplicación de relaciones empíricas. Lo anterior genera un error en los resultados que se puede ver reflejado en la sub o sobre estimación en la delimitación de áreas de afectación. El objetivo del presente trabajo es evaluar la incertidumbre relacionada con las áreas de inundación estimadas para lahares a través de simulaciones numéricas. Para ello, se generaron lahares a pequeña escala, en una canaleta experimental, ubicada en el Laboratorio de Análisis de Imágenes y Modelado Analógico de la UASLP. Esto permitió tener condiciones controladas en lo relacionado al volumen, concentración de agua/sedimentos, área de inundación, profundidad y velocidad. Los lahares a pequeña escala se reprodujeron a través de simulaciones numéricas con el software FLO2D, utilizado para estimar áreas de inundación por mezclas de agua y sedimentos y capaz de calcular los parámetros obtenidos en los experimentos a escala. Los datos de los experimentos a escala y las simulaciones numéricas fueron comparados con el fin de establecer la precisión del software en reproducir las características de los lahares en movimiento a lo largo de la canaleta. Con ello se pretende medir de manera cuantitativa la incertidumbre en la aplicación de esta herramienta en la evaluación de los peligros volcánicos, específicamente lahares.

VUL-14 CARTEL

VARIABILIDAD DE LOS COMPUESTOS HALOGENADOS Y DEL DIÓXIDO DE AZUFRE EN LA PLUMA DEL POPOCATÉPETL

Taquet Noemie¹, Stremme Wolfgang¹, Baylón Jorge¹, Meza Israel¹, Plaza-Medina Eddy¹, Bezanilla Morlot Alejandro¹, Grutter Michel¹, Hase Frank² y Blumenstock Thomas²

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Institute of Meteorology and Climate Research (IMK-ASF), Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany
noemie@geofisica.unam.mx

Los compuestos halogenados emitidos (HCl, HF, SiF₄,...) por los volcanes tienen un impacto evidente sobre la química de la atmósfera a varias escalas. La variación relativa en las concentraciones de estos volátiles en la pluma comparada con la de las especies menos solubles que se separan del magma a mayor profundidad (así como el dióxido de azufre), es la manifestación de cambios en los procesos eruptivos profundos y/o superficiales. También así estos cambios pueden deberse a un cambio en la arquitectura del sistema de alimentación, los episodios de llenado de la cámara magmática, la dinámica de ascensión del magma, los cambios de porosidad o de permeabilidad del conducto o también la interacción entre los gases volcánicos y atmosféricos. Para delinear la influencia de cada uno de estos procesos, se necesita medir estos gases de manera simultánea y continua. Se midió de manera continua la composición química de la pluma del volcán Popocatepetl utilizando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier en tres diferentes rangos espectrales: el infrarrojo cercano, el infrarrojo medio y el infrarrojo térmico. En los primeros dos rangos es posible cuantificar en condiciones meteorológicas favorables halógenos como el HCl y el HF usando la técnica de absorción solar, además de SO₂ y SiF₄. En el infrarrojo térmico se puede determinar la composición en SO₂ y SiF₄ tanto de día como de noche usando la técnica de emisión térmica. Este trabajo presenta series de tiempo de varios años de las razones HCl/SO₂, HF/HCl y SiF₄/SO₂ medidas en la pluma del Popocatepetl entre 2012 y 2017, las cuales se relacionan a varias escalas temporales con la actividad sísmica y eruptiva del volcán. El monitoreo continuo de estas razones permite la estimación de las emisiones globales anuales de origen volcánico y relacionarlas con las posibles afectaciones ambientales en su entorno.

VUL-15 CARTEL

MONITOREO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL CON AYUDA DE SONDAS METEOROLÓGICAS

Vargas Martínez Héctor Simón¹, Hernández Jose², Galindo Charles², Heredia Aurelio³, Contreras Joel⁴, García Enrique Rafael⁵ y Moreno Jonathan²

¹Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, UPAEP

²Tierra Luna Engineering

hectorsimon.vargas@upaep.mx

La Universidad Autónoma del Estado de Puebla de manera conjunta con la empresa Tierra Luna Engineering del astronauta mexicano-americano José Hernández, decidieron en el 2014 iniciar con la misión de monitorear la actividad volcánica del volcán Popocatepetl y generar reportes científicos y tecnológicos que puedan tener una implicación directa en las estrategias para la prevención, protección y resguardo de las vidas de las personas en caso de ocurrir una eventualidad mayor. El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos en México, veinticinco millones de personas viven a menos de 100 kilómetros del cráter, esto hace que sea uno de los volcanes más peligrosos del mundo. Después de 70 años de inactividad se ha producido un aumento gradual de la actividad volcánica que comenzó el 21 de diciembre de 1994. Durante los últimos 22 años de fases efusivas y explosivas asociadas con el crecimiento volcánico y el colapso gravitacional del crecimiento del domo de lava, indica una necesidad de vigilar de cerca los cambios del volcán. Las grandes erupciones volcánicas afectan significativamente el clima y dan lugar a la destrucción del ozono debido a la inyección de partículas y gases (aerosoles) en la estratosfera donde pueden permanecer durante varios años. A lo largo de su historia, la actividad volcánica recurrente ha sido supervisado por la medición de la frecuencia y la magnitud de su actividad sísmica. En el noviembre del 2015, se hizo un satélite tipo Cansat que fue lanzado en el desierto de Nevada, Estados Unidos, el cual alcanzó 40 km de altura y su finalidad fue comenzar a probar la tecnología que se utilizaría en la sonda meteorológica. Posteriormente se realizó un segundo lanzamiento en junio de 2016 en Paso de Cortés, siendo la primera sonda para empezar la recolección de datos del Popocatepetl. El 6 de diciembre de 2016, se lanzó esta segunda sonda meteorológica desde el municipio de Ecatzingo de Hidalgo del Estado de México, la cual alcanzó una altura máxima de 36.8 km sobre el nivel del mar. En Julio de 2017 se realizó el tercer lanzamiento en San Nicolás de los Ranchos, y el 2 de Agosto de 2017 se tuvo el cuarto lanzamiento. Estas sondas meteorológicas consistieron en el uso de una computadora con diferentes sensores que midieron parámetros meteorológicos importantes para este monitoreo como: la temperatura, presión atmosférica, altitud e información de los gases que emite como el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y otros gases. Además de que se incluyeron cámaras de alta resolución para captar imágenes del cráter del volcán.

VUL-16 CARTEL

POSIBLE CORRELACIÓN ENTRE LAS IGNIMBRITAS QUE AFLORAN EN LA REGIÓN DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, APLICANDO LOS CONCEPTOS DE FACIES Y LITOFACIES

Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹, Pérez-Venzor José Antonio¹, Aranda Gómez

José Jorge², Schwenicke Tobias³, Cortés Martínez Mara Yadira³ y Schaaf Peter³

¹UABCS

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

jgcamarena@hotmail.com

Las ignimbritas son un rasgo característico del noroeste de México. A lo largo de la península de Baja California, principalmente entre La Paz y Múgele, afloran ignimbritas que tienen una edad entre los 24 y 16 millones de años, dichas ignimbritas forman parte del Grupo Comondú y han sido estudiadas y descritas a lo largo de las décadas. Las ignimbritas que se encuentran en los alrededores de La Paz, en la Isla Espíritu Santo y San Juan de La Costa, no han sido estudiadas a nivel de correlación, por lo que se desconoce si son producto del mismo evento volcánico o de diferentes fuentes. Partiendo de que las ignimbritas pueden cubrir hasta cientos de kilómetros cuadrados dependiendo de las condiciones volcánicas y tectónicas surge la premisa de que dichas ignimbritas son de la misma procedencia. Para determinar esto, se realizó un análisis detallado utilizando los criterios de facies y litofacies para establecer la posible correlación. El trabajo de campo permitió reconocer en las tres regiones dos unidades ignimbritas, a las cuales llamamos ignimbrita superior e inferior, estas yacen de forma horizontal. Las ignimbritas de La Paz y San Juan de La Costa se encuentran sobreyaciendo a rocas basculadas de composición volcanosedimentaria y ambas están divididas por un paquete de rocas epiclásticas, mientras que las dos ignimbritas de la Isla Espíritu Santo están en contacto concordante. En el estudio realizado se puede concluir que las ignimbritas de La Paz y San Juan de La Costa representan partes distales de un flujo ignimbrito, mientras que las ignimbritas de la Isla Espíritu Santo son ignimbritas que se encuentran cerca de la fuente volcánica (partes proximales). Con los criterios de facies y litofacies, es posible correlacionar las ignimbritas San Juan, La Calavera, El Gallo y La Ballena, mientras que las ignimbritas Caimancito e ignimbrita superior (San Juan de La Costa) no son correlacionables entre ellas ni con ninguna de las anteriores.

VUL-17 CARTEL

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS DOMOS EMPLAZADOS SOBRE EL ARCO SUR DE LA CALDERA LA PRIMAVERA, JALISCO, MÉXICO

Sandoval Velasquez Andres Libardo¹, Saucedo Girón Ricardo¹, Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto², Macías José Luis² y Sánchez-Núñez Juan Manuel³

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Instituto Politécnico Nacional
alsandovalv@unal.edu.co

La presente investigación busca proponer un modelo evolutivo y petrogenético de los domos resurgentes del anillo sur de la Caldera La Primavera. Adicionalmente se definen las relaciones estratigráficas entre los domos y las unidades adyacentes, se determinan algunas propiedades físicas de las lavas que forman los domos (e.g., densidad y vesicularidad), y se obtendrán dataciones por el método Ar39 – Ar40 o en su defecto, por U234-Th230 en circones magmáticos. Como resultados preliminares se tiene que los domos poseen una alineación NE – SW a W, lo que indica que su emplazamiento está condicionado por estructuras preexistentes, como la posible falla de colapso asociada a la formación de la caldera. Estratigráficamente, se ha determinado que las rocas de los domos estudiados son más jóvenes que la Toba Tala (ignimbrita que marca la formación de la caldera) y más antiguas que las lavas de los domos del arco sur; debido a que se han encontrado depósitos piroclásticos del volcán Planillas y San Miguel sobreyaciendo los domos del anillo sur de la caldera, por lo que confirma que serían cuerpos de lava postcaldera, asociados a eventos de resurgencia. A partir del trabajo de campo se ha podido redefinir la cartografía de los domos, identificando distintos cuerpos de lava con diferencias texturales, estructurales y contenido de cristales. Esto puede deberse a variaciones en la composición magmática que les dio origen. Por otra parte, se registraron una serie de diques de obsidiana (NW-SE) que cortan los domos, cuyo emplazamiento marca nuevos episodios magmáticos durante el proceso de formación de los domos, y que en relación a las lavas encajonantes, muestran un proceso de diapiirismo con estructuras de pliegues. La petrografía de esto domos muestra que los magmas son riolitas alcalinas muy diferenciadas pobres en fenocristales, de texturas microporíricas a totalmente vítreas y/o vesiculares, con cristales de sanidino generalmente zonados y maclados, escasos fenocristales de cuarzo, augita, y ausencia de plagioclasa. La augita presenta colores verdes claro con coronas de reacción marrones que indican inestabilidad o desequilibrio de este mineral dentro del fundido por lo que pueden ser xenocristales. Como minerales accesorios se encontró circones y escasos apatitos, así como minerales opacos que podrían corresponder a ilmenitas como fenocristales o inclusiones.

VUL-18 CARTEL

LAS CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLASTICA DEL CONO LOS PIES, DEL PLEISTOCENO MEDIO, DEL COMPLEJO VOLCÁNICO IZTACCÍHUATL

García Tenorio Felipe¹, Sosa-Ceballos Giovanni² y Macías José Luis²

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia
tenoriogf@geofisica.unam.mx

El Cono los Pies situado en el extremo sur del Complejo Volcánico Iztaccíhuatl (CVI), comprende uno de los edificios volcánicos con una historia eruptiva con fases explosivas y efusivas del CVI. Uno de sus eventos volcánicos más prominentes corresponden al colapso del cono y emplazamiento de una avalancha de escombros en el Pleistoceno Medio (García Tenorio, 2008). No obstante, el cono Los Pies tuvo otros eventos eruptivos después del evento de colapso, con erupciones no asociadas al evento de colapso. Y están representadas por al menos tres secuencias de corrientes de densidad piroclásticas concentradas (CDP) que viajaron más de 15 km del cono los Pies en la vertiente Este del mismo. Las CDP comprenden a los que se han denominado en este estudio, de la base a la cima: Flujo de Pómez Atexcac, Flujo de Pómez Rosa y Flujo de Pómez Gris. El primero es masivo de color gris, compuesto de clastos de pómez gris dacítica con plagioclasas, piroxenos, anfíboles y biotita, el segundo es masivo compuesto de clastos de pómez rosa dacítica con plagioclasas, piroxenos, anfíboles y biotita y el tercero es masivo compuesto de clastos de pómez gris, con cristales de plagioclasas, piroxeno, y anfíboles. Los depósitos están separados por suelos y lahares. En general el espesor de los depósitos varía de 5 a 20 m en los tres depósitos y tienen asociadas corrientes de densidad piroclásticas diluidas. Las CDP muestran que el cono los Pies tuvo actividad piroclástica en tiempos posteriores a la formación del cráter del cono Los Pies.

VUL-19 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGICA DE LA SIERRA LA PRIMAVERA, UN PRIMER ACERCAMIENTO A SU GEOPATRIMONIO

Valdivia Ornelas Luis, González Torrerros Lucía,
Gómez Sensión José Hildelgado y Castillo-Aja Rocío
Universidad de Guadalajara
lvaol2003@yahoo.com.mx

La Sierra La Primavera (SLP) es una caldera silícea peralcalina (comendita) con un diámetro de 12.6 km y un arco de domos independiente al sur, con varias etapas en la alimentación de la cámara magmática, cuyo modelo eruptivo se refleja en lavas de alta viscosidad, flujos piroclásticos y pómez de caída. La complejidad y diversidad del relieve es resultado de la interacción de intensos procesos geológico-geomorfológicos jóvenes, combinados con el enfriamiento (desgasificación, litificación) de un depósito masivo de tobas y su posterior erosión, dando como resultado algunos rasgos inusuales y otros únicos y excepcionales. Predominan dos conjuntos topográficos: el primero, compuesto por los “cerros”, que son cúpulas de lava de diverso tamaño y altura, formadas por una o varias coladas (coulees), poseen altos bordes perimetrales a manera de un fuerte escalón, por lo que sobresalen nitidamente de las llanuras que los rodean; la disposición final de la(s) colada(s) es radial, a manera de lóbulos dispuestos en abanico; las formas dominantes de las vertientes son convexas-onduladas y rugosas, se encuentran emplazados en tres zonas arqueadas, se vinculan con el trazo de fallas anulares de tipo calderico y un arco volcánico independiente en el sur. La mayor altura corresponde al “Cerro” Las Planillas con 2,200 msnm, se localiza al sur de la caldera, con un desnivel promedio de 350 m. El segundo rasgo topográfico dominante corresponde con una morfología marcadamente irregular producto de una red de barrancas (badlands), dispuestas principalmente en el centro y en el poniente, son angostas y profundas, se asocian con una intensa erosión fluvial producto del levantamiento calderico (resurgencia) y el desborde masivo del lago. Otros elementos topográficos de relevancia, pero de carácter secundario, son los pequeños valles y planicies alargadas intermontanas y las mesas residuales. El borde de todos los “cerros” está fuertemente marcado producto de la viscosidad de las coladas; a partir de estos se desprenden, tanto de la parte oriente como del surponiente, llanuras ligeramente inclinadas; el borde norte está acotado por una depresión topográfica periférica limitada por un escarpe de trazo cóncavo llamado La Gotera y se divide en dos sectores: el norponiente, La Venta del Astillero, parcialmente suavizado; y el suroriente, El Bajío de La Arena o de Los Pueblitos, que forma una cuenca endorréica cuyo escarpe morfológicamente aparenta ser más joven. La intensa erosión fluvial vertical producto de la combinación de una litología (pómez, lapilli) deleznable y un levantamiento tectónico reciente del centro de la sierra generó una red densa de barrancos de diverso tamaño en el antiguo lago (sedimentos lacustres) y en el piedemonte formado de flujos piroclásticos y cenizas; llamados genéricamente como Toba Tala (TT). La erosión exhumó en la TT geoformas como: chimeneas, monolitos, bordes ondulantes llamados localmente “paredes”, “monas”, etc., generadas por el enfriamiento, la desgasificación (elutriación), la desvitricación y litificación de la toba, todo lo cual generó un paisaje singular puede considerarse en conjunto o individualmente como patrimonio geológico y paisajístico relevante.

VUL-20 CARTEL

SECUENCIA DE EVENTOS ERUPTIVOS EN EL SECTOR ORIENTAL DEL CAMPO VOLCÁNICO SIERRA CHICHINAUTZIN, CENTRO DE MÉXICO

López Valdés Néstor¹, Guilbaud Marie-Noelle¹, Lorenzo Merino Ainhoa¹ y Vivó Vázquez Gustavo²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Filosofía y Letras, UNAM
azturiol11@hotmail.com

El vulcanismo monogenético es muy extenso en el planeta y particularmente en México. El Campo Volcánico Sierra Chichinautzin (CVSC) es el segundo campo con mayor densidad de edificios monogenéticos recientes en la Faja Volcánica Transmexicana. El CVSC es de gran interés ya que en él se encuentran una amplia diversidad de estructuras, así como un amplio rango composicional que varía desde basalto hasta dacita, asociados principalmente a la serie calcoalcalina, con algunos magmas máficos con características alcalinas. Este trabajo presenta una reconstrucción cronológica de las erupciones dentro del sector oriental del CVSC hasta 40,000 años A.P. (todas las edades son calibradas). La erupción más antigua corresponde al volcán La Joya con una edad de 39,700 años A.P., y composición de andesita-andesita basáltica (SiO₂: 56-58 % en peso), subsecuentemente tuvieron lugar las siguientes erupciones: Teuhtli a 36,200 años A.P., y composición de andesita basáltica (SiO₂: 55-56 % en peso; Siebe et al., 2005), Cuatapel con 27,700 años A.P., y composición de andesita basáltica-andesita (SiO₂: 54-59 % en peso), Ocusacayo con 26,000 años A.P., y composición de dacita-andesita basáltica (SiO₂: 55-65 % en peso; Siebe et al., 2005), Hijo del Cuauhtzin con 25,100 años A.P., y composición de dacita (SiO₂: 63-64 % en peso; Siebe et al., 2005), Tapeixte? con 24,200 años A.P., y composición de andesita (SiO₂: 57 % en peso), Aholo? con 22,200 años A.P., y composición de andesita (SiO₂: 58 % en peso), San Miguel con 20,000 años A.P., y composición de andesita-andesita basáltica (SiO₂: 55-59 % en peso; Guilbaud et al., 2009a), Dos Cerros con 18,500 años A.P., y composición de

andesita-andesita basáltica (SiO₂: 56-60 % en peso), Cerro del Agua con 16,300 años A.P., y composición de andesita basáltica-andesita (SiO₂: 52-57 % en peso), Cuauhtzin con 8,700 años A.P., y composición de dacita-andesita (SiO₂: 62-63 % en peso; Siebe et al., 2005), por último, la erupción más reciente es la del volcán Tláloc datada en 7,100 años A.P., y composición de andesita-dacita (SiO₂: 58-64 % en peso; Siebe et al., 2005). A su vez, se generaron diagramas geoquímicos para identificar los centros de emisión, encontrándose claras diferencias para las erupciones más importantes dentro del área. Dichos elementos son el Sr y La. El volcán Cuatempel presenta concentraciones en un rango de 385-434 y 11.6-17.6 partes por millón (ppm) para el Sr y La, respectivamente. En el caso de Cerro del Agua se tienen rangos de 440-599 ppm para Sr, y 13.9-22.9 ppm para La. Por su parte, Dos Cerros presenta valores para Sr de 430-536 ppm y 17.1-43.3 ppm para La. De tal manera que, Cuatempel presenta los menores valores de Sr y La, Cerro del Agua alcanza los mayores valores de Sr, y Dos Cerros presenta las mayores concentraciones de La.

VUL-21 CARTEL

PROGRAMAS DE CLASIFICACION AUTOMATICA, HERRAMIENTAS UTILES EN VIGILANCIA Y MONITOREO VOLCANICO

Trujillo Castrillón Nancy¹, Valdés González Carlos Miguel²,
Arámbula-Mendoza Raúl³ y Santacoloma Salguero Cristian Camilo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CENAPRED

³Universidad de Colima, UCOL

⁴Instituto Geológico Colombiano
canytas@gmail.com

La identificación y clasificación de señales sísmicas de origen volcánico es una de las labores de vigilancia y monitoreo que cotidianamente se realiza en Observatorios Vulcanológicos. A partir de las bases de datos que genera, sismólogos especializados en sistemas volcánicos analizan y establecen los comportamientos que presentan los volcanes activos. Estos diagnósticos ayudan al manejo adecuado de los periodos de crisis volcánicas. En un alto porcentaje de volcanes alrededor del mundo la clasificación de señales sísmicas se realiza en forma manual, y pese a ser una labor sencilla que solo requiere de un conocimiento básico de las principales señales de origen volcánico, la clasificación manual presenta dos limitaciones importantes que surgen en periodos de alta actividad sísmica, cuando en corto tiempo se registran numerosas señales con amplia variabilidad tanto en sus formas de onda como en sus espectros de frecuencia. Esto desencadena problemas relacionados con el número de eventos que deben ser clasificados y con el criterio de clasificación de las personas responsables de esta actividad. Muchos investigadores alrededor del mundo han intentado desarrollar e implementar programas que clasifiquen rápidamente y en lo posible en tiempo real, las diferentes señales sísmicas de origen volcánico. Ellos han explorado métodos como: correlación cruzada (Stephens y Chouet, 2001; Green y Neuberg, 2006), clasificación bayesiana de wavelets (Gendron et al., 2000), Redes Neuronales Artificiales (Falsaperla et al., 1996; Scarpetta et al., 2005) y métodos estadísticos como los Modelos Ocultos de Markov, (Benitez et al., 2007, Ibañez et al., 2009, Arámbula, 2011). La implementación de estas técnicas tiene en cuenta características intrínsecas de las señales volcánicas, pues muchas de ellas exhiben patrones repetitivos asociados con la naturaleza de la fuente y/o con los mecanismos de origen. La exitosa implementación del programa de clasificación automática basado en los Modelos Ocultos de Markov en el volcán Colima (México), fue el incentivo suficiente para realizar la adecuación del mismo a la actividad sísmica del volcán Nevado del Huila (Colombia). Durante el desarrollo del proyecto se utilizó la información sísmica de 2007 a 2012 para entrenar el programa y realizar la clasificación automática de las señales sísmicas. Los porcentajes de precisión obtenidos fueron del 91.25 % en el entrenamiento y del 60-70 % en el reconocimiento de las señales sísmicas. Estos últimos porcentajes si bien son satisfactorios en comparación con los resultados obtenidos con clasificación manual, pueden ser mejorados con un reentrenamiento del programa que incluya las señales que estuvieron mal clasificadas o no fueron clasificadas por el programa. A partir de los resultados arrojados por el programa se establecieron parámetros como amplitud máxima, frecuencia dominante y duración de los eventos clasificados. Con esta información se realizó el procesamiento primario de la actividad sísmica registrada en el volcán, a través del cálculo de: magnitud de duración, desplazamiento reducido y energía sísmica liberada. Información necesaria para la elaboración de diagnósticos de comportamiento volcánico que ayudan en la toma de decisiones oportunas que contribuyan a la mitigación del riesgo en zonas amenaza volcánica.

VUL-22 CARTEL

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LOS VOLCANES TETILLAS-QUINCEO, MORELIA, MICHOACÁN. PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA JERÁRQUICA. MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE MORELIA Y EVOLUCIÓN VOLCÁNICA DENTRO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE MICHOACÁN-GUANAJUATO.

Cisneros Guillermo y Macías José Luis
Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
geo_cis_max@hotmail.com

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LOS VOLCANES TETILLAS-QUINCEO, MORELIA, MICHOACÁN. PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA JERÁRQUICA. Resumen. Se realizó la cartografía morfogenética de los volcanes Tetillas y Quinceo de edad Pleistoceno tardío ubicados al norte de la Ciudad de Morelia. Esta geomorfología se preparó es seis jerarquías parcialmente apegada con el método de levantamiento geomorfológico del Instituto Internacional para Levantamientos Aerospaciales y Ciencias de la Tierra (ITC) con algunas modificaciones. Esta ciudad se encuentra en la intersección de las provincias geológicas de la Sierra de Mil Cumbres y del Campo Volcánico de Michoacán-Guanajuato perteneciente al Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), caracterizada por una alta actividad sísmica y volcánica. En el presente trabajo, las unidades geomorfológicas se delimitaron con base a cuatro características principales del relieve: La génesis, tipo de relieve, edad y geometría del relieve. A su vez, la jerarquización de las unidades proporcionando información concisa y sistemática de las formas del relieve y a partir del procesamiento de imágenes satelitales, elaboración de MDE, fotointerpretación y procesamiento de información vectorial obtuvimos como resultado el reconocimiento de seis paisajes geomorfológicos diferentes como son: lomerío basculado, lomerío de ligera a medianamente disectado, lomerío fuertemente disectado, colina, piedemonte y planicie. Este trabajo sirve de base para el análisis de estudios ecológicos, de manejo de recursos naturales, así como de peligros y riesgos entre otros. Mapa geológico de la Ciudad de Morelia y evolución volcánica dentro del Campo Volcánico de Michoacán-Guanajuato. Resumen. Se presente el mapa geológico de la Ciudad de Morelia mediante la compilación cartográfica apoyada con estratigrafía detallada y fechamientos de 40Ar/ 40Ar de varios estudios (Cisneros, 2016). La Ciudad de Morelia se encuentra enclava en la porción central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. La ciudad es afectada por los sistemas de fallas con orientaciones NW-SE, NE-SW y E-W (Morelia-Acambay). Desde un punto vista geológico, el sur de la ciudad sobreyace a lavas (18 Ma) y las ignimbritas de La Escalera y Atecuaro (~23 y 16 Ma respectivamente) pertenecientes a la Sierra de Mil Cumbres (Gómez-Vasconcelos et al., 2015); al norte yace sobre una secuencia de lavas e ignimbritas provenientes del Lago de Cuitzeo con edades de 17.4 Ma. Sobre todas estas rocas antiguas sobreyacen al menos tres depósitos de caída, flujos y oleadas piroclásticas (~1.5 Ma) cuya dispersión proviene de alguna región del Lago de Cuitzeo. Los volcanes poligenéticos Quinceo (~1.3 a 1.3 Ma) y Tetillas (0.34 a 0.33 Ma) pertenecientes al Campo Volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG) fueron construidos sobre estas secuencias. Sin embargo, 4 volcanes monogenéticos fueron emitidos al oeste y al sur de la zona (Ciudad de Morelia) inclusive desde el Plioceno (Volcán Divisadero). El volcán más joven de la zona (El Malacate) tiene una edad de 0.5 Ma el cual aflora al SW de la ciudad.

VUL-23 CARTEL

COMPARATIVO DE LA CENIZA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL MEDIANTE LOS MÉTODOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS "X" Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO PARA LAS CONTINGENCIAS DE 2012, 2013 Y 2016

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Badillo Interiano Mirna Ivonne, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz José Martí, Andrade Luis, Cano Escandón Guadalupe y Vázquez Sánchez Raúl
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
jose.gogu@gmail.com

En este trabajo se muestra un comparativo de la composición de ceniza proveniente del volcán Popocatepetl de los días 20 y 21 de Mayo de 2012, 7 de Mayo de 2013 y 18 de abril de 2016 en los cuales la Zona Metropolitana del Valle de Puebla, México, fue afectada. En dicha zona se encuentra la ciudad de Puebla a 45 km al NE del volcán. En el estudio realizado por difracción de rayos "X" se encontraron claras muestras de la existencia de minerales del grupo de piroxenos y ortopiroxenos, en su mayoría Albitas y Anortitas con cantidades importantes de Enstatita férrica. Lo anterior se comprobó con el estudio de microscopía electrónica de barrido para conocer las proporciones de los elementos que componen las muestras. También se encontraron formas cristalinas de vidrios volcánicos. El estudio nos permite establecer algunas diferencias en la composición química entre los tres eventos. La recolección de las muestra se efectuó en diferentes municipios de los estados de Puebla y Tlaxcala.

Sesión especial

REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS Y PETROFÍSICA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Organizadores:

Enrique Coconi Morales
Efrén Murillo Cruz

SE01-1

GRAFICADOR ESPECIALIZADO EN LA LOCALIZACIÓN DE MATERIALES RADIOACTIVOS CON BASE EN RELACIONES ELÁSTICO-ACÚSTICAS

Castrejón Peralta César¹, Evangelista Gutiérrez Yair¹,
López Rico Omar Yair¹ y Coconi Morales Enrique²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto Mexicano del Petróleo
c.castrejon@ieee.org

En este trabajo se desarrolló una metodología a fin de obtener gráficas que relacionen diversos parámetros elásticos y acústicos (densidad, Vp, Vs, porosidad, relación de Poisson) y propiedades radioactivas. El resultado, observar de forma sencilla los indicadores en las relaciones elástico-acústicas de presencia de elementos radioactivos. A pesar de su aparente sencillez, los efectos de los materiales radioactivos, como el potasio (naturalmente radioactivo en el lodo de perforación) y la arcilla, pueden afectar la correcta interpretación de los registros geofísicos de pozo, es por esto que la metodología aquí desarrollada es de particular interés dentro de los primeros pasos en la interpretación de los registros obtenidos para facilitar la localización de zonas radioactivas y estimar su volumen, ya que, como sabemos, mediante el análisis de la Física de las rocas con datos obtenidos de los registros, se pueden mostrar las relaciones distintivas entre las propiedades de propagación elástica (Vp y Vs), porosidad y densidad, mismas que pueden ser usadas para inferir la relación que existe entre los datos mencionados y, el conteo de rayos gamma e índice de arcilla de la roca en cuestión.

SE01-2

RESULTADOS PRELIMINARES EN LA RECONSTRUCCIÓN DE UNA CUENCA USANDO DATOS DE TEMPERATURA, EROSIÓN Y REGISTROS GEOFÍSICOS

Uribe de Santiago Agustín y Santos Dimas Edgar Raúl
Instituto Politécnico Nacional, IPN
agustin.uribe08@gmail.com

Este trabajo se presentan resultados preliminares para la reconstrucción de una cuenca sedimentaria calculando de la temperatura máxima histórica y la máxima profundidad de enterramiento. Las mediciones se hacen utilizando un modelo de física de rocas para conocer las condiciones a las cuales han sido expuestos los sedimentos. Los parámetros son deducidos de velocidades de onda P en lutitas. Primero se obtienen velocidades de un pozo y se realizan predicciones de la historia de la cuenca para obtener la temperatura máxima histórica y el gradiente de temperatura. Posteriormente se aplican a propiedades obtenidas de sísmica para extender el método fuera del pozo de control. La temperatura y erosión estimadas son mostradas en una línea 2D.

SE01-3

CÁLCULO DE SATURACIÓN DE AGUA (SW) EN AMBIENTES DONDE SE DESCONOCE LA SALINIDAD DEL AGUA DE FORMACIÓN A TRAVÉS DE REGISTROS DE PNC Y RESISTIVIDAD DURANTE LA PERFORACIÓN

Santana Román Felipe¹ y Coconi Morales Enrique²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²Instituto Mexicano del Petróleo
9sabraham@gmail.com

Uno de los principales desafíos de la industria es conocer el potencial productor de hidrocarburos en los yacimientos, con lo cual surge la necesidad de cuantificar la saturación de estos por medio de registros geofísicos de pozo durante la perforación, con lo cual se espera poder identificar zonas con potencial de producción. En este trabajo se realiza una metodología de inversión conjunta de registros de PNC y resistividad para la evaluación de saturación de agua donde se desconoce el valor de la salinidad. Para esto se utilizaron registros LWD, debido a que están exentos de efectos de invasión. Se presentan dos tipos de soluciones: numérica y gráfica. La solución numérica se da a partir de la minimización de la diferencia de la norma al cuadrado que resuelve el valor de salinidad para cada punto en profundidad que es consistente con la Sw calculada con sigma y resistividad. La solución gráfica se da a partir de la construcción de esquema de sigma vs resistividad donde se construyen líneas de equisalinidad y equisaturación, a través de las ecuaciones de Sw en base a Archie y Sigma. Posteriormente con el valor de salinidad para cada punto se puede hacer el cálculo de la resistividad de agua de formación y sigma del agua, donde a continuación se hace el cálculo de Sw con valores de salinidad variables. Uno de los objetivos que se pretende mostrar son precisamente los impactos en el cálculo de Sw de agua con una salinidad desconocida ya que este valor puede variar hasta un 40% en el caso de este trabajo.

SE01-4

NUEVOS APORTES PARA LA INTERPRETACIÓN DE REGISTROS GEOFÍSICOS EN AMBIENTES VOLCÁNICOS: EXPERIENCIAS EN LA CUENCA DE MÉXICO

Lezama Campos José Luis¹, Martínez Sarai², Ataxca Dayanara², Morales Casique Eric³ y Rodríguez Mónica²

¹UNAM

²IPN

³Instituto de Geología, UNAM
lezamac.jl@gmail.com

En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos de analizar los registros geofísicos de los pozos profundos perforados los últimos cuatro años en la Ciudad de México. Se presentan las interpretaciones de los registros tomando en cuenta los cambios en las condiciones litológicas estimando valores esperados en cada registro con base al contenido mineral de las rocas volcánicas utilizando especialmente los registros de espectroscopia de rayos gamma y los registros eléctricos que están presentes en la mayoría de los pozos. Esta interpretación es complementada con diversas pruebas en núcleos, muestras de canal y fichas técnicas tomadas durante la perforación. Los resultados de estos registros contrastan con los registros convencionales debido a que en esos casos las herramientas de adquisición, el procesamiento y correcciones se calibran con base a litologías que son comunes en ambientes sedimentarios típicos en la exploración de la industria petrolera. Los resultados de la interpretación se suman a otros datos para contribuir al modelo hidrogeológico de la Cuenca de México.

SE01-5

FLUJOS DE TRABAJO PARA SHALE GAS

Javier Trinidad María Guadalupe, Castillo Juárez José Daniel y Coconi Morales Enrique
Instituto Politécnico Nacional, IPN
lupita_mgjt@hotmail.com

En la última década los recursos de Shale Gas han sido una fuente de energía viable. En este trabajo se presentan diferentes flujos para Registros Geofísicos y Datos Sísmicos. Hoy en día estos recursos se han estado desarrollando con éxito mediante el fracturamiento y perforación horizontal, considerando como las formaciones de gas de areniscas arcillosas con mayor interés las rocas fuente y las rocas del yacimiento. Para Registros Geofísicos existen dos flujos de trabajo para calcular TOC (Carbono Orgánico Total). El primero utiliza Registros Acústicos y Resistivos, para esto se sobreponen las curvas de ambos registros en un rango de profundidad bastante considerable, excepto por los valores ricos en #logR. El segundo método se basa en la Impedancia Acústica, usando mediciones en núcleos que permiten obtener una relación de TOC e Impedancia que se utiliza para transformar volúmenes de Impedancia en volúmenes de TOC. Para Datos Sísmicos, los cambios de TOC en las formaciones de Shale Gas influyen en VP, VS, Densidad y Anisotropía y por tanto debe ser detectada en la respuesta sísmica. Se muestra que en un espesor de capa dado y con contenido de kerógeno, el coeficiente de reflexión disminuye con el aumento del ángulo, esto quiere decir que la impedancia acústica para las rocas con contenido de areniscas arcillosas con TOC menos al 4% es menor que las mismas rocas sin TOC. Las curvas de impedancia de los pozos que penetran en los estratos de areniscas arcillosas cuando están juntas exhiben variaciones en la calidad del yacimiento. Se sugiere un flujo de trabajo para estimar la fragilidad a partir de datos sísmicos 3D mediante la inversión Prestack que produce ZP, ZS, VP/VS y la relación de Poisson y en ocasiones estimaciones significativas de Densidad. En zonas con alto Módulo de Young y bajo de Poisson se tiene una mejor calidad de depósito (mayor TOC, mayor porosidad) que a su vez nos permite obtener mejores datos. Un flujo de trabajo híbrido implica la generación de volúmenes de curvatura. Por medio de inversión espectral, como no hay ondícula sísmica en este volumen, la impedancia acústica relativa obtenida a partir de este tiene un mayor nivel de detalle. Los flujos de trabajo se eligen en función del objetivo que se tenga, en la actualidad son de gran importancia, lo que permite que sigan evolucionando.

SE01-6

LA IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE PROPIEDADES PETROFÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS FRACTURADOS VUGULARES PARTIENDO DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO BÁSICOS

Jiménez Gayosso Sócrates Dibs y Mendoza Romero Gustavo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
dibsjimenez@gmail.com

En el presente trabajo se plantea el desarrollo del estudio de las diversas técnicas para la determinación indirecta de parámetros petrofísicos orientado a la evaluación de los yacimientos con triple porosidad (matriz-fractura, fractura-vugulos, matriz-vugulos, matriz-fractura-vugulos). Los métodos de caracterización tienen como propósito ayudar a definir la litología de la formación, con el fin de aumentar las probabilidades de éxito asegurando una óptima perforación y producción. Es de interés generar una buena caracterización estática, la cual repercute económicamente al tener una estimación de reservas de Hidrocarburos

e información de apoyo que servirá a lo largo del ciclo de vida de un yacimiento. El área geográfica de este estudio está enfocada en pozos del Sureste Mexicano. En este análisis solo se tomarán en consideración registros geofísicos básicos: • Radioactividad (GR) • Resistividad somera (LLS) • Resistividad profunda (LLD) • Factor de resistividad (FR) • Tiempo de tránsito (DT) • Densidad (RHOB) • Porosidad (NPHI) • Litología (M). De acuerdo con lo anterior el presente estudio se encuentra enfocado en profundizar el conocimiento relacionado en el análisis de yacimientos fracturados vulgares (YFV) de triple porosidad, los yacimientos más comunes en el país. Se tomó como punto de partida: 1.- Los principios físicos, con los que se definen los términos de porosidad, permeabilidad, tortuosidad y con los que se definirán los parámetros a evaluar; 3.- Los valores límite que pueden tomar cada uno de los parámetros; 4.- La determinación de los volúmenes de lutita, dolomía, caliza, sílice partiendo de la formulación de un sistema de ecuaciones; 5.- Modelos matemáticos de diversos autores que sirven y no para el estudio de los yacimientos fracturados vulgares, y 6.- La segunda ley de Archie (1942) La recopilación de esta metodología conduce a una nueva técnica para la obtención de resultados numéricos y gráficos que resultan útiles en la caracterización estática de yacimientos fracturados vulgares de litología multicomponente, debido a que contiene diversas ventajas sobre los modelos que han sido propuestos y adaptados.

SE01-7

ANÁLISIS DE LA TORTUOSIDAD A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO

Guerra Moreno Eduardo Guadalupe y Soto Villalobos Roberto
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
edywar07@gmail.com

La trayectoria que siguen los fluidos en un medio poroso dista mucho de ser un camino recto, la geometría del medio lo hace sinuoso o curvilíneo, la complejidad de esta trayectoria es descrita por medio de la tortuosidad que considera la longitud real de la trayectoria de flujo entre dos puntos y la relación a una línea recta entre los mismos, siendo la tortuosidad mayor o igual a 1. En el presente trabajo se representa la geometría del medio poroso por medio de teselaciones (patrón de figuras que rellenan completamente un espacio) así como también con el fractal de la Alfombra de Sierpinski. Dicho medio es generado en un espacio que va de 0 a 1, a través del programa estadístico R, en donde las figuras nos representan los espacios ocupados y los espacios en blanco el sistema de poros. En dicho espacio se obtiene el parámetro de la tortuosidad mediante la generación de caminatas aleatorias que nos permiten simular la trayectoria de flujo a través del medio poroso obteniendo así la tortuosidad como es definida, según la relación: $\tau = L_e / L$ Donde τ es la tortuosidad del medio, L_e es la longitud real de la trayectoria de flujo entre dos puntos y L es la distancia en línea recta entre estos dos puntos, ambas distancias en las mismas unidades de longitud. Teniendo el sistema poroso en un espacio de 0 a 1 ($L=1$), τ viene estando dada por la trayectoria del camino de flujo generado (L_e). Lo anterior nos permite comparar los resultados obtenidos en el modelo numérico con los del modelo analítico probando así la eficacia del método aquí empleado.

SE01-8

CARACTERIZACIÓN DE LA POROSIDAD A ESCALA NM EN ROCAS CARBONATADAS DE YACIMIENTOS NATURALMENTE FRACTURADOS DEL NE DE MÉXICO (FORMACIONES SAN FELIPE Y AGUA NUEVA)

Hemes Susanne y Dávila Harris Pablo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
susanne.hemes@ipicyt.edu.mx

Los yacimientos carbonatados desempeñan un papel cada vez más importante en la industria del petróleo y gas, ya que se estima que contienen más del 60% del petróleo y el 40% de las reservas mundiales de gas. Las rocas reservorio de tipo carbonatos de baja porosidad y baja permeabilidad, naturalmente fracturadas, de las formaciones San Felipe y Agua Nueva (Turoniano y Coniaciano / Cretácico Superior) en el Noreste de México, forman parte de un campo productor importante - principalmente de aceites pesados - de bajo volumen pero duración prolongada (más de 60 años). En el campo Ebano y Altamira, las tasas de producción, así como la escala temporal de la producción en curso sugieren que además de la red de micro- y macro- fracturas (i.e. porosidad secundaria), un sistema adicional de porosidad a escala de nanómetros (nm) a micrómetros (um) debe o tiene que contribuir al flujo de fluidos (transporte de aceite y gas), y a la permeabilidad del material. En el presente estudio se utilizó una combinación novedosa de metodologías, entre las que destacan: inyección de metal de Wood (Wood's metal injection, WMI) a alta presión, junto con microscopía electrónica de barrido con fresado de haz de iones amplio (BIB-SEM), así como, microtomografía de rayos-X - para mostrar la existencia de porosidad de matriz a escala de nanómetros dentro de las rocas. Además, se caracterizó el sistema de porosidad a múltiples escalas, su morfología y en particular la conectividad del espacio poroso, así como las contribuciones de los diferentes sistemas de porosidad (i.e. nano- vs. micro- vs. porosidad secundaria / de fracturas) y su influencia al flujo y transporte total dentro del sistema. Los resultados muestran la existencia de un sistema de porosidad a escala de nanómetros dentro de la matriz de carbonatos y arcillas y, además, la porosidad a escala nanométrica - definida como poros menores de 1 micrómetro de diámetro en esfera equivalente - contribuye significativamente al

volumen de porosidad total en las muestras estudiadas. Se determinó, también, que una fracción mayor de la porosidad total está por debajo de la resolución de "métodos convencionales", tales como micro-CT de rayos-X, porosimetría de inyección de mercurio (MIP) o análisis de secciones delgadas. Mediante el uso de una combinación de WMI-BIB-SEM con "técnicas convencionales" (tales como micro-CT de rayos X y porosimetría de inyección de mercurio; MIP) obtenemos una visión y comprensión más completa de todo el sistema de porosidad dentro de estas rocas. Es importante destacar que WMI-BIB-SEM es un método esencial para analizar las porosidades a escala nm en rocas de reservorios de carbonatos naturalmente fracturados y que es de gran utilidad para obtener una visión y comprensión completa de todo el sistema poroso. Los resultados deben, además, conducir a una mejora significativa de los modelos existentes de flujo, transporte y predicción de la recuperación (secundaria) del sistema.

SE01-9 CARTEL

ANÁLISIS DE GRÁFICAS CROSSPLOT DE LA RELACIÓN VP/VS USANDO REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO

Ortiz Martínez Marilyn
Instituto Politécnico Nacional, IPN
mortiz29.m@gmail.com

Las aplicaciones más recientes en la adquisición y aplicación de datos multicomponente son un indicador de la importancia que la industria pone en el uso de combinar V_p y V_s en la caracterización de yacimientos. Interpretaciones combinadas y simultáneas de onda P y onda S mejoran las imágenes del subsuelo y estiman las propiedades del yacimiento y de los fluidos, ya que las ondas P y S responden diferente ante sólidos y líquidos. Por lo tanto se muestra una redefinición del cociente V_p/V_s que lo hace más útil para la exploración, mostrando los diferentes usos y aplicaciones, comprobando con esto que la porosidad, tamaño de poro, presión de poro, saturación de fluido de poro, presión de confinamiento, litología y efectos de tensión, están relacionados a los tiempos de tránsito y velocidades de las ondas P y S. Dentro de la metodología se manejan tres pasos para complementar y facilitar el entendimiento de la relación V_p y V_s ; se tiene como primer paso la recolección de los registros GR, DT y DTS para el cálculo de V_p , V_s y V_p/V_s realizando el cálculo de los coeficientes de correlación entre GR, V_p , V_s y V_p/V_s , se zonifica por GR y V_p/V_s para hacer la comparación de los resultados obtenidos mediante ambos métodos; como segundo paso se evalúa la respuesta del cociente V_p/V_s contra $\#$ mediante una gráfica crossplot para diferentes tipos de fluido en un yacimiento a condiciones normales evaluando con esta los datos de los registros de pozos; y finalmente se usaron las impedancias P y S contra el radio V_p/V_s para analizar las correlaciones con la litología y los fluidos de poro, teniendo como resultado diferentes gráficas, con efectos de litología y con efectos de fluido. Combinando información de la onda P y la onda S podemos separar efectos de fluido y litología, mostrando con ello los usos de la relación V_p y V_s .

SE01-10 CARTEL

ESTIMACIÓN DE CARBÓN ORGÁNICO TOTAL (COT) Y ROCA GENERADORA CON REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO

López Aburto Rodrigo y Ocaña de los Santos Eric Omar
Instituto Politécnico Nacional, IPN
lopezaburtorodrigo@gmail.com

El presente trabajo tiene el objetivo de analizar el contenido orgánico en las formaciones Asl y Hawara mediante la utilización de registros geofísicos de pozo adquiridos en el Golfo de Suez, en donde las principales rocas generadoras identificadas son las Lutitas y las Lutitas limosas que contienen una porción relativamente alta de materia orgánica en comparación a las rocas aledañas. Las condiciones geológicas regionales favorecieron la generación de hidrocarburos que con la evolución de la cuenca generaron yacimientos de aceite. Estudios anteriores han encontrado que los mayores yacimientos de la zona están en las formaciones Hawara y Asl del Mioceno, la cual se divide en dos zonas, la superior compuesta mayormente de margas y la inferior compuesta por areniscas donde se encuentra el yacimiento más grande en la zona por lo que se considera como roca generadora a la sección superior de esta formación. Se calibraron las constantes geoquímicas usando evaluaciones geoquímicas en tres pozos, obtenidas de otros autores, en los que se resaltó el intervalo de las formaciones Asl y Hawara, no solo para así obtener el potencial de la roca generadora sino también para identificar así el de carbón orgánico de dichas formaciones y así poder estimar el contenido de "carbón orgánico total" (COT%) para las secciones antes mencionadas de las formaciones Asl y Hawara. Para calcular COT% se utilizaron dos metodologías. La primera denominada técnica #LogR utiliza registros de porosidad superpuestos con algún registro de resistividad profunda. La separación entre ambas curvas es indicadora de un intervalo rico en materia orgánica. La segunda metodología llamada Método del Registro de Densidad utiliza datos del registro de densidad, el COT% se calcula directamente de estos datos con ayuda de constantes geoquímicas. Ambas técnicas funcionan basándose en el hecho de que las rocas con algún contenido orgánico expuestas a condiciones de presión y temperatura sufren una serie de cambios físicos, siendo el más común que la materia orgánica sólida se convierta en un líquido y desplace los fluidos originales de la formación. Esto se puede detectar en los registros relacionados con la porosidad y los registros resistivos. En conclusión,

podemos observar que para los tres diferentes pozos utilizados el valor promedio de COT% de la curva calculada es: Para la formación Asl en la parte superior (margas) Passey da un valor de 0.99 y Schmoker da un valor de 0.75 mientras que Hawara reporta un valor de 0.62 con Passey y 0.92 con Schmoker en el primer pozo. En el segundo pozo Asl tiene un valor de 1.11 con Passey y 1.16 con Schmoker mientras Hawara tiene 0.65 con Passey y 0.69 con Schmoker. En el tercer pozo Asl tiene 1.79 usando Passey y 1.7 usando Schmoker mientras Hawara tiene 0.47 con Passey y 0.59 con Schmoker. La formación Asl es la que contiene rocas de un mayor COT% por lo tanto es probable que sea la roca generadora por sobre la formación Hawara con un menor COT%

SE01-11 CARTEL

METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS SHALE OIL CON REGISTROS, NÚCLEOS Y MÓDULOS ELÁSTICOS

Huerta Martínez Josep Jonathan¹, Pedrero Pérez Jorge Enrique² y Coconi Morales Enrique²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto Mexicano del Petróleo

jhm3796@gmail.com

El presente trabajo muestra la metodología utilizada para caracterizar un yacimiento de aceite de lutita mediante la aplicación de Registros Geofísicos de Pozo (en adelante RGP), previamente calibrados mediante el análisis de los núcleos obtenidos de los mismos. Dentro de la metodología tendremos dos principales rubros cada uno con propias etapas para su correcta culminación. El primer rubro abarca el análisis de los RGP, dentro de la cual tendremos tres etapas. En la primera etapa, tomando en cuenta que la aplicación de los RGP en el estudio de yacimientos relacionados a aceite de lutita ha demostrado una gran efectividad debido a su alta susceptibilidad a la presencia de Materia Orgánica, se localizarán zonas de interés, para poder así enfocar las posteriores etapas, distribuyendo de mejor forma los tiempos de estudio de la zona. En la segunda etapa, se analizarán los núcleos y se calibrarán los RGP con los datos obtenidos, obteniendo así una reducción muy significativa en la incertidumbre que los datos iniciales pudieron llegar a presentar. En la tercer etapa, con la calibración realizada se podrán desarrollar modelos petrofísicos que determinen propiedades importantes en la caracterización del yacimiento. En el caso del presente trabajo nos enfocaremos obtener las velocidades de onda P (Vp) y las velocidades de onda S (Vs) relacionadas a la presión efectiva. Al obtener estos datos podremos calcular el módulo de Young y los coeficientes de Poisson, que son muy importante en la caracterización del yacimiento no convencional. Por otra parte, el segundo rubro será el de la caracterización del yacimiento, el cual también se dividirá en tres etapas. La primera etapa consiste en cargar los datos, la edición de los mismos, y la visualización de curvas. En la segunda etapa se realiza la definición de la matriz (crossplots o neutrón-densidad), el cálculo de R_w , determinación de volumen de arcilla, cálculo de saturación S_w , y la determinación de la litología y porosidad. La tercera y etapa final conlleva la interpretación, determinación de saturación de hidrocarburo S_o , y por último la identificación precisa de la zona de interés.

Sesión especial

**AMENAZA SÍSMICA EN EL CINTURÓN
VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO:
AVANCES EN NEOTECTÓNICA,
PALEOSISMOLOGÍA, SISMICIDAD
HISTÓRICA E INSTRUMENTAL**

Organizadores:

Pierre Gilles Lacan
Víctor Hugo Garduño Monroy
Rodrigo Alejandro León Loya
Quetzalcóatl Rodríguez Pérez

SE02-1

OBSERVACIÓN, REGISTRO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE SISMICIDAD INSTRUMENTADA PARA LA REGIÓN DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Zúñiga F. Ramón¹, Lacan Pierre², Rodríguez Pérez Quetzalcóatl² y León Loya Rodrigo Alejandro³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
ramon@geociencias.unam.mx

Para un análisis adecuado de la amenaza sísmica y, por ende, del riesgo sísmico de una zona, se requiere contar con información sobre la ocurrencia de los sismos en el pasado, con la mejor calidad y tan completa como sea posible. Dichos datos se pueden dividir en tres clases, que corresponden a etapas en el tiempo: Paleosísmicos, Históricos e Instrumentados. La sismicidad instrumentada proporciona información de suma relevancia sobre la ocurrencia de micro y macro-sismicidad que permite tener un mejor panorama de la situación tectónica y actividad actual de las fallas de la región de interés. Sin embargo, si dichos datos se emplean indiscriminadamente, esto puede redundar en un resultado erróneo en los cálculos de amenaza y riesgo. Para poder utilizar estos datos de una manera correcta se requiere de un análisis comprensivo de manera que se puedan detectar posibles artefactos ocasionados por la operación de la red (e.g. instalación, actualización o remoción de estaciones, actualización de técnicas de registro y medición, etc.) que a su vez afectan otros estudios subsecuentes. En este trabajo se presenta un análisis de los datos de sismicidad instrumentada para la región de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Se incluyen datos del SSN así como de otras fuentes. Se discute la historia de reporte, las variaciones espacio-temporales en la magnitud mínima de completitud, la resolución de la red actual y la resolución en el pasado. Así mismo se discuten otras variaciones en las magnitudes (tales como la asignación de magnitud 0) y en las profundidades reportadas. Se pretende que con esta información, el investigador esté mejor capacitado para interpretar estos datos y así emplearlos de manera coherente en estudios posteriores.

SE02-2

CARACTERIZACIÓN DE LA SISMICIDAD EN LA REGIONES DE MARAVATÍO-ACAMBAY Y ACTOPAN, CENTRO DE MÉXICO

Rodríguez Pérez Quetzalcóatl¹ y Zúñiga F. Ramón²

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT

²Centro de Geociencias, UNAM
quetza81@hotmail.com

Se estudió la actividad sísmica en las regiones de Maravatío-Acambay y Actopan en el Centro de México. Estas regiones son de gran importancia debido a la ocurrencia de sismos someros de fallamiento normal que han causado gran destrucción en su región epicentral y en la Ciudad de México. Como fue el caso del terremoto del 19 de Noviembre de 1912 en Acambay, Estado de México (Mw 6.9). En este estudio determinamos las características estadísticas de la sismicidad (Ley de Bath, el valor b y el valor p). También, se analizó la relación entre la sismicidad y el ambiente tectónico mediante la cuantificación del coeficiente de acoplamiento sísmico y el espesor de la zona sismogénica. La zona sismogénica estimada para las regiones de Maravatío-Acambay y Actopan es de 14.6 km y 20.8 km, respectivamente. El coeficiente de acoplamiento sísmico en la falla Venta de Bravo en la región de Maravatío-Acambay y en la región de Actopan es de 0.21 y 0.46, respectivamente. Nuestra estimación de los coeficientes de acoplamiento sísmico muestra que las regiones pueden clasificarse como zonas de acoplamiento de bajo a intermedio.

SE02-3

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DEL VALOR-B PARA FALLAS CUATERNARIAS, VOLCANES MONOGENÉTICOS Y SISMOS EN LA PORCIÓN CENTRAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO

Mendoza Ponce Avith¹, Pérez López Raúl², Guardiola Albert

Carolina², Garduño-Monroy Víctor Hugo³ y Figueroa Soto Ángel⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto Geológico y Minero de España

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH - CeMIEGeo (Proy-17)

⁴CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
avith3@gmail.com

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) está relacionado con la convergencia entre las placas Cocos y Rivera bajo la placa Norteamericana a lo largo de la Trinchera Mesoamericana. Además, existe un fallamiento intraplaca dentro del CVTM, responsable de sismos importantes como el de Acambay, 1912 (Mw 7.0) y Maravatío, 1979 (Mb 5.3). En este régimen geodinámico, los sismos, las fallas activas y los volcanes monogenéticos configuran un marco tectónico complejo donde diferentes direcciones anisotrópicas caracterizan dicha actividad. Esta complejidad se puede caracterizar mediante la ley de potencia de la distribución

frecuencia-tamaño de los volcanes monogenéticos, las fallas y los sismos. Esta ley de potencia está determinada por el valor-b de la ley de Gutenberg-Richter en caso de sismos. La novedad de este trabajo consiste en la aplicación de técnicas geoestadísticas para el análisis de la distribución espacial del valor-b obtenido a partir de la distribución de tamaño del diámetro basal para volcanes en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (bvm), del área de planos de falla en el Sistema de fallas Morelia-Acambay (bf) y la sismicidad en la porción central del CVTM (b). La evaluación de la distribución espacial de los mapas del valor-b da una interpretación general del campo de esfuerzos tectónicos y del peligro sísmico en la zona. Por tanto, concluimos que el mapa del valor-b, para el catálogo sísmico, muestra valores anormalmente bajos y altos, revelando dos procesos diferentes, uno relacionado con una ruptura tectónica típica (valor-b bajo) y el otro relacionado con fracturas hidráulicas (valor-b alto). El mapa-bvm resultante, para el diámetro basal de los volcanes, genera información importante sobre el peligro volcánico en la zona. Se han relacionado valores-bvm altos con la presencia de conos cineríticos jóvenes y con una alta probabilidad de nacimiento de un nuevo volcán (ciudad de Uruapan y alrededores). Para el Sistema de fallas Morelia-Acambay, el mapa-bf muestra que la ciudad de Morelia y sus alrededores son los sitios con mayor acumulación de esfuerzos tectónicos a lo largo del Sistema de fallas. Finalmente, se comparó la anisotropía en cada caso, permitiendo obtener un modelo geométrico tectónico, el cual evidencia que la cinemática del CVTM está controlada no sólo por la Trinchera Mesoamericana, sino también por la sismicidad intraplaca que redistribuye parte de la deformación frágil.

SE02-4

TOMOGRAFÍA DE VELOCIDAD DE GRUPO DE ONDA RAYLEIGH PARA EL GRABEN DE ACAMBAY POR MEDIO DE RUIDO SÍSMICO

Valderrama Sergio¹, Aguirre Jorge², Zúñiga F. Ramón³ y Iglesias Arturo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, UNAM
cheko09@comunidad.unam.mx

El graben de Acambay es una de las estructuras más importantes del Cinturón Volcánico Transmexicano. El graben tiene una longitud de 80 km y de 15 a 38 km de ancho con un máximo topográfico de relieve de 400 metros en su parte central. De acuerdo a estudios de paleosismología el graben de Acambay ha generado eventos de gran magnitud, el último terremoto ocurrió en 1912 con Mw 6.9. El presente estudio obtuvo la tomografía sísmica de velocidad de grupo para el graben de Acambay para tres diferentes frecuencias (F=0.1, 0.2 y 0.3 Hz). Se ocuparon 10 estaciones sísmicas de banda ancha cerca del graben de Acambay para obtener los tiempos de arribo de las ondas superficiales entre todos los pares de estaciones. La tomografía cubrió un área total de 1008 km² con celdas de 6x6 km de lado. La función de Green fue recuperada entre cada par de estaciones por el apilado de las correlaciones cruzadas. Se trabajó con registros sísmicos de ruido ambiental para un periodo de grabación continuo de 5 meses. El procesamiento de los datos consistió en remover la respuesta instrumental, la media y la tendencia. Después se realizó una normalización temporal, una normalización espectral y se aplicó un filtrado pasa bandas de 0.1 a 1 Hz. Existen estudios someros del graben de Acambay, pero poco se conoce de la distribución de las estructuras profundas del graben. El estudio estimó estructuras profundas de velocidad de ondas superficiales. Las estructuras a la frecuencia de 0.3 Hz indican estructuras menos profundas que las restantes frecuencias. Los resultados muestran consistencias con estudios previos de gravimetría y de resistividad, también se define el sistema de fallas de Temascalcingo. El conocer la distribución de las estructuras ayuda a realizar simulaciones de sismos en cualquier lugar del graben de Acambay. El graben se encuentra aproximadamente a 100 km de la ciudad de México y representa un peligro sísmico significativo para ésta.

SE02-5

ESTUDIO DE FUENTE FINITA DEL SISMO DE ACAMBAY EL 19 DE NOVIEMBRE DE 1912 (M~7.0) CON BASE EN SISMOGRAMAS HISTÓRICOS ANALÓGICOS

Corona Raul Daniel y Santoyo García Galiano Miguel Angel

Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
geofisica.corona@gmail.com

El sismo de Acambay del 12 de noviembre de 1912 (M~7.0) tuvo su epicentro aproximadamente a 100 Km al noroeste de la ciudad de México, y ha sido uno de los sismos corticales someros más grandes que han ocurrido en el centro de México. La expresión superficial de la ruptura tuvo una longitud de ~40 Km a lo largo de la falla Acambay-Tixmadeje, en el límite norte del graben de Acambay en el Estado de México. Mediciones in situ evidenciaron dislocaciones superficiales de hasta ~0.5 m. A principios del siglo XX se instalaron las primeras estaciones sismológicas en México y en 1912, ya operaban seis en el territorio nacional con diferentes instrumentos mecánicos Wiechert y Bosch-Omori de diferentes características. En 1913, Urbina y Camacho publicaron un reporte extraordinariamente detallado con un análisis sísmico, tectónico y geológico de la zona, y en donde se muestran que tanto el sismo principal de Acambay, su precursor y sus réplicas sismo fueron registrados

en la mayoría de los instrumentos en las seis estaciones. En 2016, sólo 11 de los 22 registros originales en papel ahumado de cinco estaciones fueron recuperados. En este trabajo se obtuvieron a partir de los sismogramas analógicos originales en papel ahumado, las series de tiempo digitales corregidas y muestreadas con un intervalo de tiempo constante. Para este fin se escanearon los sismogramas originales en alta resolución (1,200 ppp) y se digitalizaron manualmente siguiendo la traza del sismo de manera cronológica. Posteriormente se corrigieron por inclinación, tendencia, línea base cero, desigualdad en la velocidad de rotación del papel, sesgo y curvatura debido al estilete estático de los instrumentos mecánicos mediante el procedimiento propuesto por Grabovec y Allegretti (1994). Los sismogramas se re-muestrearon a 100 muestras por segundo, y finalmente se corrigieron por respuesta instrumental (Brüstle et al. 2014), obteniendo así los desplazamientos del terreno para cada instrumento y componente. Con base en las series de tiempo corregidas se realizó una inversión lineal ($V_r = cte$) a fin de obtener la distribución de deslizamientos sobre el plano de falla. Para esto, se discretizó la falla en sub-fallas de $2.0 \times 2.0 \text{ Km}^2$ y un área total de falla de $60 \times 20 \text{ Km}^2$. Los sismogramas sintéticos fueron calculados con un modelo de velocidades basado en las tomografías de velocidad de Gaité (2014) y Spica et al (2016). Tanto las observaciones, como las funciones de Green, se filtraron con un pasa-bajas a un periodo mínimo de 4 s y la inversión se realizó con base en los trabajos de Hartzell y Heaton (1983) y Mendoza y Hartzell (1989). Los resultados muestran una ruptura superficial con dos asperezas principales a lo largo de la falla. El momento sísmico total resultante muestra que este sismo pudo haber tenido una magnitud aproximada de $M_w = 7.1$. Por su importancia y por el aumento de la población en el centro de México resulta indispensable estudiar con detalle las características de fuente de sismos históricos someros en el centro de México.

SE02-6

SIMULACIÓN DEL SISMO M#7 ACAMBAY 1912 EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Ramos Evelyn¹, Aguirre Jorge², Valderrama Sergio²,
Granados Ivan³, Vergara Filiberto³ y Quintanar Luis³

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM
ramfacev@gmail.com

Uno de los sismos históricos más representativos en la ciudad de México es el de 1912 localizado sobre el cinturón volcánico transmexicano, en Acambay. El objetivo de este trabajo es realizar una simulación de aquél evento en 10 estaciones de la red sísmica del valle de México (RSVM). El desarrollo del trabajo se divide principalmente en dos: bajas y altas frecuencias. Las frecuencias bajas se logran correlacionando ruido sísmico entre las estaciones de la ciudad de México y Temascalcingo en el Estado de México. Al obtener el promedio de las correlaciones cruzadas apiladas de 20 a 30 días entre los dos puntos estima no solo el tiempo de viaje de las ondas, sino la función de Green entre los mismos. Para mejorar el resultado se utilizaron diferentes técnicas antes de la correlación para minimizar la información de fuentes no deseadas; un filtro de 0.1 a 0.5 Hertz y normalización one bit. Mediante las relaciones de Denolle las eigenfunciones del sitio de la fuente son calculadas y recalibradas. Estas son usadas para modificar la respuesta de impulso de superficie y llevarla a la profundidad de la fuente y para el mecanismo focal correspondiente. Al mismo tiempo las funciones de Green se derivan espacialmente obteniendo la respuesta de la fuerza puntual enterrada. La amplitud también es corregida tras perderla en los procesos anteriores, usando correlaciones entre Actopan y las mismas 10 estaciones en la RSVM para un evento magnitud 3.5 de Actopan. Por otro lado, las frecuencias altas se obtienen con el método de la función de Green estocástica. Para ello se genera una serie temporal de ruido blanco gaussiano cuyo espectro de amplitud se aproxima al espectro de aceleración propuesto al registro de la misma fecha y hora del evento M 3.5 de Actopan. El espectro es modificado para eliminar frecuencias por encima de cierta frecuencia de corte. El acelerograma es generado variando un número generador pseudo-aleatorio y varias medidas de parámetros de fuente. Al tener las simulaciones en los dos rangos de frecuencia el método matched filter permite unir ambas bandas de frecuencia sin modificar el contenido energético en el empalme. Se obtiene entonces el sismo elemento, que podrá dar paso a la construcción del escenario sísmico. Además de la simulación añadimos información histórica; las fuentes de información de la época y el sismograma de la estación central de Tacubaya. Los registros del evento de 1912 han sido digitalizados, completados y corregidos. Estos constituyen información valiosa de los registros del sismo de Actopan en la Ciudad de México y podrán ser utilizados para comparar el resultado de la simulación.

SE02-7

TOMOGRAFÍA DE LA ESTRUCTURA DE VELOCIDADES DE LA ONDA P EN EL VALLE DE MÉXICO UTILIZANDO SISMOS LOCALES

Dan Natalia¹, Escudero Ayala Christian René¹ y Quintanar Luis²

¹Universidad de Guadalajara

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
dan.natalia@gmail.com

El Valle de México se encuentra sobre la parte central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), un arco magmático continental que cruza

transversalmente el centro de México. Varios estudios geofísicos señalan que el espesor cortical del Valle de México es de aproximadamente 30-45 km, y el espesor de la FVTM disminuye hacia los flancos (Urrutia-Fucugauchi y Flores-Ruiz, 1996, Melgar y Perez-Campos, 2011). Por lo general los sismos en el Valle de México son poco numerosos y de baja magnitud y su origen se piensa es principalmente debido a la reactivación de antiguas fallas (Servicio Sismológico Nacional, 2014). El objetivo principal de este trabajo es realizar una tomografía preliminar con sismos locales y estimar las variaciones en la velocidad de propagación de la onda P en el Valle de México. Se busca definir un modelo tridimensional tomográfico que permita inferir la geometría de la estructura cortical. Para el presente estudio se cuenta con los datos registrados por la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) y el Servicio Sismológico Nacional en el periodo de 1994-2016. Se establece un catálogo robusto y preciso de sismos locales previamente localizados. Se realizan pruebas sintéticas de resolución para determinar la configuración óptima de los parámetros de inversión. Se utiliza la técnica de fast marching method para la tomografía, graficando secciones de corte para analizar y localizar zonas de baja y alta velocidad. A partir del modelo tridimensional analizamos como los rasgos tectónicos están relacionados con la estructura geológica local.

SE02-8

ACTIVE CRUSTAL DEFORMATION IN THE TRANS MEXICAN VOLCANIC BELT: EVIDENCED FROM HISTORICAL EARTHQUAKES DURING THE LAST 450 YEARS

Suárez Gerardo
Instituto de Geofísica, UNAM
gerardo@geofisica.unam.mx

The Trans Mexican Volcanic Belt (TMVB) spans Mexico in a direction oblique to the subduction zone. The instrumentally recorded background seismicity is very low on the TMVB. Nevertheless, two large instrumental earthquakes have been recorded in the past 100 years: the 1912 Acambay (M_w 6.9) and the 1920 Jalapa (M_w 6.4). A systematic reassessment of macroseismic data available in Mexico was conducted to search for crustal earthquakes on the TMVB. Reports were assigned Mercalli intensity values and inverted for the best fitting magnitude and epicenter. The graben structures forming the western end of the TMVB show the highest level of seismic activity. The first earthquake is reported in 1568 (M_w 7.2 ± 0.2) and another large event took place in 1875 (M_w 7.0 ± 0.2). Two other earthquakes are reported in the western TMVB in 1611 and 1749, with an estimated M_w 6.4. The 1858 earthquake (M_w 7.6 ± 0.3), in the central TMVB, is the largest crustal earthquake recorded. This earthquake occurred on faults located to the west of the 1912 Acambay event. The eastern TMVB appears less active than its central and western counterparts. The 1887 (M_w 6.2 ± 0.2) and the 1920 Jalapa earthquakes are the larger events in this region. The seismicity observed from the instrumental and historical seismicity catalogs show that activity occurs throughout the TMVB, indicating that active tectonic deformation is not confined to specific regions. The TMVB is considered an area of low seismic hazard. The presence of large earthquakes in this tectonic province, where 40% of the population of Mexico live, underline the importance of reevaluating hazard in this densely populated region.

SE02-9

NEOTECTÓNICA DE LA FALLA PAJACUARÁN, MICHOCÁN, MÉXICO: EVIDENCIAS DE SU EVOLUCIÓN Y ACTIVIDAD SÍSMICA RECIENTE

Jiménez Haro Adrián¹, Garduño-Monroy Víctor Hugo², Gaspar
Patarroyo Tania Lucía² y Pacheco Pineda Sandra Cecilia¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CEMIE-GEO
adrianjharo@hotmail.com

La falla Pajacuarán se localiza en la porción occidental del CVTM, es una estructura de orientación preferencial E-O, que limita en su porción sur oriental al Graben de Chapala y forma parte del sistema de fallas Tula-Chapala, se encuentra cercana a centros de población importantes (Venustiano Carranza, Pajacuarán, el Paracho, Tecoman, Sahuayo entre otros). Presenta una longitud en superficie de 25 km aproximadamente y un escarpe visible de 300 metros en promedio, asimismo afecta a las unidades volcánicas del CVTM conformados por volcanes semiescudo de composición andesítica basáltica, derrames de lavas de edad Mioceno Superior- Plioceno Inferior y controla el emplazamiento y colapso de conos del Pleistoceno. Esta estructura ha tenido en su historia una cinemática compleja y constante desde el Mioceno al presente, los datos estrías medidos en campo indican que en su inicio tuvo un comportamiento de falla lateral izquierda con un #1 horizontal dirección NE-SO y un #3 horizontal de orientación NO-SE, la dirección de extensión se conservó; no obstante el #1 migró hacia la vertical generando un cambio en el estilo estructural reactivándola como una falla normal con un leve componente izquierdo, sin embargo en su plano se encuentran evidencias de una etapa de extensión local de orientación NE-SO, las relaciones de corte muestran claramente la cronología de los eventos. El plano principal de esta falla se encuentra cortando suelos y depósitos de talud recientes, lo cual corrobora su actividad Holocénica; los desplazamientos observados en estos horizontes sugieren que esta estructura tiene un potencial sísmico importante; por su parte los datos de estrías en el plano

de falla en conjunto con el análisis de los mecanismos focales cercanos al área reafirman que la falla Pajacuarán se encuentra en estado de actividad con un tensor de máxima extensión dirección NO-SE congruente con otras estructuras importantes del CVTM que han generado sismos importantes (Ej. Sismo de Acambay, 1912). La densidad de población asociada a esta estructura es relevante ya que al menos 10 municipios de Michoacán y Jalisco serían afectados por un evento sísmico relacionado a esta, cabe mencionar que los centros de población que se encuentran en los depósitos lacustres son más vulnerables debido al efecto de amplificación de las ondas sísmicas en este tipo de materiales.

SE02-10

PALEOSISMOLOGÍA DE LA FALLA LLANO GRANDE, LOS AZUFRES, MICHOACÁN: NUEVOS INDICIOS DE ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA EN EL SECTOR CENTRAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO (CVTM)

Campos Medina Juan Pablo¹, Lacan Pierre², Garduño-Monroy Víctor Hugo², León Loya Rodrigo Alejandro³, Mendoza Ponce Avith¹, Prasanajit Naik Sambit⁴, Velázquez Bucio María Magdalena⁴ y Soria Caballero Diana Cinthia⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
geojpcm@gmail.com

El Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) es un arco volcánico Neógeno, se extiende desde las costas del Pacífico hasta las costas del Golfo de México. A lo largo de esta provincia, varios sismos corticales históricos y destructivos han sido reportados en las fallas que atraviesan el CVTM justificando el estudio neotectónico de estas fallas. En la parte central del CVTM, el Campo Volcánico Los Azufres (CVLA) está ubicado entre dos depresiones tectónicamente activas, al noroeste por el graben de Cuitzeo y al este por el graben de Acambay. Entre estas dos cuencas, el potencial sísmico de las fallas del CVLA no ha sido caracterizado. Se presenta aquí el estudio paleosismológico en la falla E-W de Llano Grande, la cual tiene una cinemática normal y un buzamiento hacia el norte. Mediante tres trincheras paleosismológicas, se identificaron eventos holocénicos que afectaron unidades pedológicas, #uviolacustres y vulcanosedimentarias. (Proyecto PAPIIT IA102317).

SE02-11

VEINTE AÑOS DE PALEOSISMOLOGÍA EN EL GRABEN DE ACAMBAY ¿QUÉ APRENDIMOS ACERCA DE LA AMENAZA SÍSMICA?

Lacan Pierre¹, Zúñiga F. Ramón² y Ortuño María³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
³Universitat de Barcelona
placan@geociencias.unam.mx

En el Cinturón Volcánico Trans-mexicano (CVTM), la zona epicentral del sismo de Acambay (M=6.9; 19/11/1912) ha sido objeto de la mayor cantidad de estudios de paleosismología en México durante los últimos 20 años. Los primeros estudios se enfocaron a estudiar los paleoeventos sísmicos en las fallas responsables del terremoto de 1912. Con el tiempo los estudios se generalizaron a todas las fallas mayores del graben llegando a tener un registro bastante completo de la actividad sísmica holocena de la zona. En este trabajo, se presenta una síntesis de los resultados de los estudios neotectónico y paleosismológico realizados en el Graben de Acambay. Con la integración de los diferentes resultados se discute el tiempo de recurrencia de los sismos mayores, las magnitudes máximas de los sismos que han ocurrido y las posibilidades de rupturas de diferentes fallas durante un mismo evento. Finalmente, analizamos estos resultados en términos de amenaza sísmica para la zona, las consecuencias para la sociedad y la posibilidad de extrapolación de los resultados a la escala del CVTM central. (proyecto IA102317 - UNAM).

SE02-12

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RIESGO SÍSMICO A PARTIR DE DATOS PALEOSISMOLÓGICOS EN EL GRABEN DE ACAMBAY, CENTRO DE MÉXICO

León Loya Rodrigo Alejandro, Rodríguez Pérez Quetzalcóatl, Márquez Ramírez Víctor Hugo, Lacan Pierre y Zúñiga F. Ramón
Centro de Geociencias, UNAM
rleonloya@geociencias.unam.mx

Algunas de las ciudades más densamente pobladas de México se localizan dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) a lo largo del cual viven más de 40 millones de personas. En el CVTM se localizan múltiples sistemas de fallas activas que han generado sismos históricos y prehistóricos de magnitudes superiores a MW=6.5. En la parte central del CVTM se encuentra el Graben de Acambay, en el cual una gran parte de las fallas que lo conforman han sido objeto de estudio de trabajos paleosismológicos. Para obtener parámetros indispensables en el análisis del peligro sísmico, utilizamos una versión modificada del programa FISH. Dicho programa permite introducir la geometría de la falla, parámetros reológicos y el

catálogo paleosísmico e histórico para poder obtener el valor de la magnitud máxima esperada, el tiempo de recurrencia de sismos mayores y la tasa de sismicidad anual. Los resultados preliminares obtenidos a partir de datos paleosismológicos e históricos, permiten contrastar el comportamiento de las fallas en términos de tiempos de recurrencia y tasa anual de sismicidad con resultados instrumentales. La implementación de este tipo de metodología resulta de gran utilidad en regiones, donde la tasa de sismicidad es baja (MW=6.5), pero donde se cuenta con un catálogo paleosismológico e histórico. (Proyecto PAPIIT IA102317).

SE02-13 CARTEL

SISMICIDAD EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO, MÉXICO EN EL PERIODO OCTUBRE 2015 - JUNIO 2016

Olvera Cortes Moises¹, Barrera García Uriel², Zamora Camacho Araceli³ y Espindola Juan Manuel⁴

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
²Universidad de Guanajuato, UGTO
³Universidad de Guadalajara
⁴Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
moisesolvera24@gmail.com

El Bloque de Jalisco (BJ) esta caracterizado por una gran actividad sísmica y volcánica. Dentro de este Bloque se encuentra el Campo Volcánico de Mascota. Este campo volcánico consiste en 87 pequeños conos y flujos de lava con edades entre 2Ma y 5000 años. El campo ha atraído la atención de varios investigadores que han realizado trabajos detallados de la geoquímica, petrología y edad de sus rocas (ver Ownby, et al. 2008, y referencias en el mismo). Sin embargo no se han realizado trabajos publicados sobre los aspectos geofísicos sobre el mismo. En particular la sismicidad del área solo es conocida marginalmente y en relación a la sismicidad del BJ. Para contribuir al conocimiento de la sismicidad en este campo volcánico se instaló una red temporal de tres estaciones Guralp modelo CMG-6TD. Las estaciones registraron continuamente de octubre de 2015 a junio de 2016. En este trabajo se presentan los resultados preliminares del análisis de los datos. Se registraron 163 sismos locales con magnitudes de coda entre 1 y 3, localizados hacia el este del campo volcánico. La localización de los sismos parece estar relacionada con la de algunas fallas del área. Ref: Ownby S. E., Lange R. A., Hall C. M. (2008). The eruptive history of the Mascota volcanic field, western Mexico: Age and volumen constraints on the origin of andesite among a diverse suite of lamprophyric and calc-alkaline lavas. Journal of Volcanology and Geothermal Research 177 (2008) 1077–1091

SE02-14 CARTEL

ATENUACIÓN SÍSMICA EN EL BLOQUE DE JALISCO

Castro Morales Jorge Daniel¹ y Yamamoto Jaime²

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
danielcastromo@gmail.com

La atenuación de la amplitud con respecto a la distancia que sufren las ondas sísmicas al propagarse en el interior de la Tierra, suele ser muy compleja. La atenuación en Sismología puede expresarse mediante el coeficiente $Q(f)$, denominado "Factor de Calidad", dependiente de la frecuencia, que representa la fracción de energía disipada en un periodo ($\#E$), dividida por el valor medio de la energía (E) en una onda armónica, es decir: $Q^{-1} = \#E/2E$. En la presente investigación, se utiliza el algoritmo espectral propuesto por Xie y Nuttli (1988) basado en un método de proporción espectral acumulada, para obtener las estimaciones de la atenuación utilizando el decaimiento de la onda Lg, esto es, Coda $Q(f)$. Para lo cual se empleará el programa formulado por Xie y Herrmann (1993), asumiendo que $Q(f) = Q_0 f^{\#}$ con $Q_0 = Q$ a 1 Hz y utilizando una regresión lineal para estimar Q_0 y $\#$, parámetros adimensionales. Exclusivamente se utilizan datos de sismos ocurridos en Jalisco, para estimar las propiedades de atenuación de las ondas sísmicas en el Bloque de Jalisco, el Graben de Colima y la parte occidental del Cinturón Neovolcánico Transversal, zonas de gran importancia económica. Se utilizan tanto estaciones de periodo corto, como de banda ancha, para visualizar de mejor manera el fenómeno de la atenuación en la región ya antes mencionada. Finalmente se obtiene un conjunto de valores de Q_0 y $\#$ para cada par epicentro-estación. Posteriormente se analizan los resultados obtenidos y se grafican en un mapa los valores de Q_0 y $\#$ observando las diferencias entre las estaciones de periodo corto y de banda ancha. Se calculan los valores promedio de estos coeficientes y se asignan a cada zona del Bloque de Jalisco. En virtud de que los valores de Q_0 obtenidos de esta manera son representativos de una zona de forma elíptica cuyos focos son el epicentro y la estación registradora (Sato, 1977), el paso siguiente es obtener la representación gráfica en un mapa de estas elipses. Finalmente se llega a un mapa de contorno donde se muestran con diferentes colores los valores de la atenuación de las ondas Lg en el Bloque de Jalisco y zonas aledañas.

SE02-15 CARTEL

**ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN SUPERFICIAL
DEL SISMO DE LOS HUMEROS (MW 4.2, 8-02-2016),
PUEBLA, MEDIANTE LA TÉCNICA DINSAR**Santos Basurto Reynaldo¹, Sarychikhina Olga², López-QuirozPenélope¹, Norini Gianluca³ y Carrasco Gerardo¹¹Centro de Geociencias, UNAM²CICESE³Consiglio Nazionale delle Ricerche

rey16_1990@hotmail.com

La caldera de Los Humeros se localiza en la parte oriental del sector del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), al noreste del estado de Puebla. El 8 de febrero de 2016, en el interior de la caldera de Los Humeros fue registrado un sismo de magnitud de momento $s_{\#}smico$ de Mw 4.2, mediante la red $s_{\#}smica$ instalada en el campo geotérmico de Los Humeros. Dicho sismo ocasionó algunos daños a la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que explota y opera el campo geotérmico de Los Humeros; además afectó a la zonas aledañas al campo. Por lo que se tiene reportado, como consecuencia, ocurrieron varios desplazamientos de masas a lo largo de la falla de Los Humeros. En este trabajo se procesaron datos de radar satelital adquiridos por la misión Sentinel-1A de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) mediante la técnica Diferencial InSAR (DInSAR-Interferometría de Radar de Apertura Sintética Diferencial). Combinando datos de dos ángulos de observación diferente (paso ascendente y descendente) fue posible detectar la deformación superficial del terreno debido al sismo de Los Humeros del 8 de febrero de 2016, además de distinguir la componente de deformación horizontal y vertical del efecto cosísmico.

SE02-16 CARTEL

**REGISTRO DE ACTIVIDAD SÍSMICA CUATERNARIA
EN LA FALLA LA ALBERCA – TEREMENDO (FLAT)**Soria Caballero Diana Cinthia¹ y Garduño-Monroy Víctor Hugo²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
dianscc@hotmail.com

El sector occidental del Sistema de Fallas Morelia – Acambay posee pocos estudios de aproximación paleosísmica a pesar de que las fallas que incluye afectan materiales muy recientes, inclusive suelos actuales y generan escarpes muy evidentes en el paisaje. La orientación de estas fallas a favor del campo de esfuerzos actual y por lo tanto siendo potencialmente activas, eleva la importancia de caracterizar con mayor detalle el ciclo sísmico de estas estructuras, particularmente aquellas cercanas a los centros urbanos más grandes. La Falla La Alberca – Teremendo es una falla de orientación N80# con buzamiento al nor-noroeste, que se encuentra al norte de la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán. Esta falla sobresale en el paisaje pues corta y desplaza visiblemente a un cuerpo volcánico freatomagmático conocido localmente como La Alberca de Guadalupe, y jugó un papel vital en la construcción del mismo hace alrededor de 23,000 años. Adicionalmente esta falla desplaza el suelo reciente, aunque la caracterización de los materiales en trinchera mostró que la evolución pedológica de dichos materiales estuvo controlada por la actividad de la falla. El análisis paleosísmico de la FLAT sumado a los análisis edafológicos permitió determinar al menos dos eventos de movimiento en la falla en los últimos 20,000 años.

SE02-17 CARTEL

**EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD SÍSMICA HOLOCENICA
EN LA FALLA DE JUANACATLÁN, JALISCO, MÉXICO**Garduño-Monroy Víctor Hugo¹, Israde-Alcántara Isabel², Metcalfe Sarah³ y Davies Sarah⁴¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo³Nottingham University, UK⁴University of Leicester, UK

vhgardunom@gmail.com

El Lago de Juanacatlán se localiza dentro del Bloque Jalisco (BJ), al norte de la población de Mascota. En un entorno de ignimbritas del Eoceno-Oligoceno, que a su vez están cubiertas por un vulcanismo de tipo monogenético Pleistoceno-Holoceno de composición basáltico andesítica y contemporáneo al magmatismo del Cinturón Volcánico Trasmexicano (CVTM). Este vulcanismo presenta absarokitas (48–52% SiO₂) and minettas (49–54% SiO₂). es decir, contemporáneo al vulcanismo del Cinturón Volcánico Trasmexicano. Dicho lago se ha formado a lo largo de una falla ONO-ESE y surge por la emisión de un domo que genera un dique natural donde las aguas del río Juanacatlán son entrampadas para formar dicho cuerpo de agua, con las mismas tendencias que la estructura principal. La Falla de Juanacatlán (FJ) tiene una extensión aproximada de 60 km, partiendo desde bahía Banderas y llegando hasta el volcán La Laja, para después hacer un brinco a una estructura casi E-O en la región de la mina El Amparo, afectando a rocas volcánicas contemporáneas a la Sierra Madre Occidental y a esporádicos afloramientos de rocas sedimentarias cretácicas. En la región existen tres grandes familias de fallas, las N-S, NO-SE y

las ONO-ESE; las primeras estructuras se encuentran alineando a los volcanes monogenéticos de Mascota y configurando el graben del mismo nombre. Las últimas son parte de la falla Juanacatlán que permitió el ascenso de domos andesíticos. En varios núcleos obtenidos en el lago de Juanacatlán y en trincheras realizadas en la zona ahora abandonada por el lago, se observan varios niveles de sedimentos lacustres asociados a facies profundas. En todas las columnas sedimentarias se observan estructuras de deformación, producto de sismos con M>5. Dentro de estos efectos destacan principalmente el microfallamiento y los derrumbes subacuáticos (slumps) con pliegues totalmente recostados localizados entre estratos horizontales. Estos eventos sísmicos fueron en tiempo puntuales durante el Holoceno. Los núcleos presentan datos sobre la recurrencia de eventos sismos importantes de la FJ y por lo tanto de la actividad sísmica reciente en estructuras E-O como las que estamos observando a lo largo del Cinturón Volcánico Mexicano (CVTM).

SE02-18 CARTEL

**PRELIMINARY GEOMORPHOLOGIC AND
PALEOSEISMIC INVESTIGATIONS ALONG THE
AGUA FRIA FAULT IN THE LOS AZUFRES VOLCANIC
EDIFICE: AN ATTEMPT TOWARDS SEISMIC
HAZARD ASSESSMENT IN CENTRAL MEXICO**

Prasanajit Naik Sambit, Lacan Pierre, Garduño-Monroy Víctor Hugo, León

Loya Rodrigo Alejandro, Mendoza Ponce Avith, Campos Medina Juan

Pablo, Velázquez Bucio María Magdalena y Soria Caballero Diana Cinthia

UNAM Juriquilla

sambitnaik@gmail.com

The Morelia–Acambay Fault System (MAFS) is a < 260 km long fault system bounded by Acambay Graben to the east and the Cuitzeo Graben to the west. Till date, most of the paleoseismic investigations were focus on the epicentral area of known crustal earthquakes, in the Acambay and Cuitzeo grabens. However there are several undocumented crustal faults between these grabens that are long enough to generate large magnitude earthquakes. In this study, we used a multidisciplinary approach (Geomorphology and Paleoseismology) to characterize the earthquake history of the Agua Fria Fault, one of the largest faults of the MAFS central segment. The fault traces and associated landforms like triangular facets, ponding and scarps were mapped using high resolution satellite imageries and topographic data. The geomorphological data indicate that the fault scarp is at least 13 km long striking E-W and is height varies from few meters to hundreds of meters. Three trenches were excavated at three different sites along the Agua Fria fault. Preliminary results indicate that various earthquakes were produced by this fault during Pleistocene. (Proyecto PAPIIT IA102317)

SE02-19 CARTEL

**ESTRATIGRAFÍA COSÍSMICA EN SECUENCIAS
LACUSTRES DEL CVTM, CASO SAN PEDRO EL ALTO**Velázquez Bucio María Magdalena¹ y Garduño-Monroy Víctor Hugo²¹Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM²INICIT - UMSNH

magda_vb@yahoo.com.mx

La estratigrafía cosísmica se define como el registro sedimentario modificado por la actividad sísmica ocurrida en el momento de su depósito, sin expresión superficial aparente. Esta actividad influye en la evolución de la cuenca y a su vez se ve reflejada en el paisaje. En cuencas lacustres de origen tectónico o vulcanotectónico como las del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), los efectos de cambio climático, tasas de sedimentación, influencia antropogénica, entre otros, son factores importantes en su evolución, no obstante, deben considerarse factores exógenos como sismicidad y vulcanismo, los cuales modifican las condiciones paleoecológicas y paleolimnológicas de la cuenca. Por lo anterior, es necesario llevar el estudio bajo dos puntos de vista, el estratigráfico y el sísmico ya que adicionalmente a las rupturas cosísmicas, las propiedades físicas de los materiales son modificadas por los efectos primarios y secundarios de un sismo. El graben de Acambay, perteneciente al CVTM y una de las zonas representativas de la actividad sísmica reciente en el país, almacena el registro sedimentario de los eventos que han sido parte de la evolución de las cuencas en el Cuaternario. Tal registro se corrobora mediante la deformación de los estratos que en algunas ocasiones y sitios específicos han desarrollado estructuras que ofrecen información sobre el tipo de evento que las generó. La cuenca de San Pedro El Alto, presenta una serie de secuencias sedimentarias en donde se han registrado eventos sísmicos que han influenciado su evolución. En este trabajo se pretende definir la evolución del paisaje sísmico de la cuenca ligada al Graben de Acambay con base en el estudio detallado de la estratigrafía y la identificación de paleosismos (estratigrafía cosísmica).

Sesión especial

PALEOSISMOLOGÍA, RIESGO DE TERREMOTOS Y TSUNAMIS: UN APOORTE A LA SOCIEDAD

Organizadores:

María Teresa Ramírez Herrera

Néstor Corona

Marcelo Lagos

Gerardo Suárez

SE03-1

POR UNA COMPRENSIÓN CRÍTICA DE COMUNIDADES EN RIESGO DE TSUNAMI: ASENTAMIENTOS INFORMALES EN LAS COSTAS DEL DESIERTO DE ATACAMA

Pinto de Carvalho Laís¹ y Lagos Marcelo²¹Escuela de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Chile²Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile
lcarvalho@uc.cl

El marco de acción de Sendai para la reducción del riesgo de desastres, así como los principales informes del estado de los desastres en el mundo, apuntan hacia un foco en las personas y en la cultura como forma de comprender y manejar el riesgo. Los modos de vida y la cultura local tienen una importancia clave, y la discusión acerca del determinismo de algunas aproximaciones que consideran los desastres como naturales está cada vez más superada, estableciendo un paradigma socionatural que busca una comprensión holista, con énfasis en un desarrollo equitativo, educador y sostenible. Independiente de lo anterior, históricamente la dimensión humana de los desastres socionaturales ha sido trabajada principalmente a partir de aproximaciones empíricas positivistas que buscan, por ejemplo, modelar la evacuación en situación de desastre, cuantificar las pérdidas económicas ocasionadas por un evento y medir la percepción del riesgo. Rescatando una comprensión transdisciplinaria y el desafío del compromiso con las comunidades expuestas al riesgo, se propone problematizar estas aproximaciones hegemónicas, buscando visibilizar situaciones que evidencian un aparente contrasentido, al menos hasta que se cuestionen e incluyan aspectos críticos de la relación compleja de las personas con el lugar donde viven. Ejemplo de ello son la reivindicación de seguir habitando una vivienda en riesgo, el retorno a vivir en una localidad en riesgo luego de experimentar un desastre socionatural o la consciente vulneración de medidas de importante riesgo de tsunami en sus propias viviendas. Considerando una propuesta crítica, y a partir de una investigación en curso en la región costera de Atacama, en Chile, este trabajo indaga por las tensiones entre lo que es el conocimiento técnico del importante riesgo de terremotos y tsunamis en el área, la creciente urbanización informal de estos sectores, los significados locales de las comunidades en riesgo y las obligaciones normativas del Estado de garantizar seguridad a estas personas. Buscando enfatizar las dimensiones de la ética y del compromiso social, se cuestiona el modelo empírico positivista desde el cual han predominado los estudios del área y que ha ocultado el dinamismo del vivir humano, la cultura, las relaciones de poder, el conflicto y la significación política del habitar, proponiendo formas de aproximarse y abordar estas tensiones desde un paradigma crítico que comprenda las y los habitantes como co-constructores de sus territorios y proyectos de vida.

SE03-2

RIESGO DE TSUNAMI EN LAS COSTAS DEL DESIERTO DE ATACAMA, CHILE

Lagos Marcelo¹, Morales Felipe², Arenas Federico¹ y Pinto de Carvalho Laís³¹Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile²Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile³Escuela de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Chile
mlagoslo@uc.cl

En los últimos años, terremotos superiores a Mw 8 han generado diferentes tsunamis de campo cercano en las costas de Chile. Su magnitud, impacto y recurrencia, se ha traducido en un peligro visible para las comunidades costeras, fortaleciendo conductas de autocuidado e instalando en el gobierno la necesidad de incorporar el peligro de tsunami en territorios en riesgo. Sin embargo, un hecho particular destaca en la Región de Atacama (26.06°S – 29.18°S), localizada sobre una madura calma sísmica y donde a lo largo de aproximadamente 400 kilómetros de costa, han aumentado los asentamientos humanos informales próximos al mar. Para comprender el riesgo de desastre, evaluamos el peligro de tsunami mediante modelación numérica y caracterizamos aspectos de la vulnerabilidad física y social.

SE03-3

COMPARATIVE ANALYSIS OF TSUNAMI EVACUATION DRILL IN ZIHUATANEJO - RESOLVING "DOUBLE BIND" SITUATION

Nakano Genta y Yamori Katsuya

Kyoto University

nakano.genta.68w@st.kyoto-u.ac.jp

Zihuatanejo is located in the state of Guerrero, west coast of Mexico. The area has been affected by series of earthquake and tsunami historically. Hence, local administration implemented different types of disaster education for local schools and also requested to schools to prepare for those disasters by themselves. However, the actions were rarely taken by the schools because the preparation was considered as a matter of the administration. In this study, this dependent situation was explained with the "double bind" theory of G. Bateson and the author together with local authority implemented tsunami education for two schools. In one school, participatory approach was taken and teachers subjectively organized tsunami evacuation drill. In the other school, conventional instructive approach was taken and it did not lead to

the subjective implementation of the drill by teachers. It suggested that the theory can contribute to understand and rebuild the relation between administration and schools.

SE03-4

THE GREAT 1787 EARTHQUAKE (M 8.6) AND TSUNAMI – HISTORY, GEOLOGY AND TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT

Ramírez Herrera María Teresa¹, Lagos Marcelo², Gogichaishvili Avto³, Machain María Luisa⁴, Ruiz-Fernández Ana Carolina⁴, Suárez Gerardo⁵, Ortuño María⁶ y Caballero Margarita⁷¹Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental & Instituto de Geografía, UNAM²Instituto de Geografía, Laboratorio de Tsunamis, Pontificia Universidad Católica de Chile³LIMNA, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM⁵Instituto de Geofísica, UNAM⁶Ciencias de la Tierra, Universidad de Barcelona

tramirez@igg.unam.mx

The 1787 great earthquake (M 8.6) triggered a deadly tsunami that poured over the coast of Oaxaca, Guerrero, and Chiapas, along more than 500 km of the Mexican Pacific coast and up to 6 km inland. This tsunami, according with historical documents, destroyed mostly farmlands and livestock, and damaged few villages since the density of population was sparse at the time. We report first on geological evidence from the Guerrero-Oaxaca coastal plain that seem in agreement with historical accounts. The deposit left by the 1787 tsunami can be traced along a transect of cores and test pits from the coastline and up to 1.6 km inland. The test pits showed an anomalous sand layer that was deposited in a single event in the swales of a series of beach ridges. The anomalous layer is almost continuous along the transect, about a 1.5 km-long, and is formed of coarse to medium sand, at variable depths, with variable thickness, and pinching up with the distance from the coastline. We used stratigraphy, grain size, microfossils (foraminifera and diatoms), magnetic susceptibility and anisotropy of magnetic susceptibility proxies to reveal the nature of this anomalous sand layer. Stratigraphy, abrupt contacts, and magnetic properties support a sudden and rapid event, consisting of sands transported most probably by an extreme sea-wave far inland. Furthermore, based on the accounts of the 1787 earthquake (M 8.6) and tsunami, and estimates from 210Pb sedimentation rates, we suggest that this is the tsunami deposit left by the 1787 event. Tsunami modeling will further enhance the hazard and risk assessment of this area in Mexico.

SE03-5 CARTEL

SISMOS Y TSUNAMIS HISTÓRICOS OCURRIDOS EN LA COSTA DE JALISCO A PARTIR DE EVIDENCIA SEDIMENTARIA Y DE MICROFÓSILES

Castillo-Aja Rocío¹, Ramírez Herrera María Teresa², Machain María Luisa³ y Gogichaishvili Avto²¹Universidad de Guadalajara²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

rocasaja@csh.udg.mx

La amenaza por tsunami se ha convertido en una preocupación global, sobre todo a partir de los recientes desastres en el Océano Índico (2004) y en Japón (2011). Estos desastres potenciaron el conocimiento científico, fortaleciendo las aproximaciones multi-proxy que incluyen un conjunto complejo de métodos orientados a identificar las huellas dejadas por los tsunamis en el registro geológico. La costa occidental del Pacífico Mexicano, en donde interactúan las placas de Rivera y de Cocos con la Norteamericana, forman parte de la Zona de Subducción Mexicana e históricamente han producido grandes sismos (M#8.0). Hasta hoy, el período de recurrencia para estos sismos se ha estimado a partir de datos instrumentales y algunos históricos, por lo que la amenaza por tsunami podría estar subestimada. La búsqueda de evidencia preservada en geochronos podría ampliar sustancialmente la ventana temporal y mejoraría el registro de sismos y tsunamis mediante el análisis de la evidencia sedimentaria de eventos antiguos ocurridos en tiempos históricos o incluso geológicos. El estudio aquí presentado muestra evidencias de cambios abruptos en el registro sedimentario y bioestratigráfico y se apoya en la combinación de las evidencias estratigráficas con datos históricos y resultados de fechamiento obtenidos por 210Pb, que permitió relacionarlos con sismos históricos ocurridos en la costa de Jalisco. Se presenta la evidencia en el registro geológico para el tsunami del 3 de junio de 1932, además de identificar dos grandes sismos: uno de ellos posiblemente relacionado con alguno de los sismos de 1900 y el otro con el sismo de 1563. Tsunami threat has emerged as a global concern because of recent disasters in the Indian Ocean (2004) and Japan (2011). This has also boosted scientific knowledge and a multiproxy approach which includes a more complex set of methods to identify the tsunami imprint in the geologic record. The western Mexican Pacific coast, where the Rivera, Cocos and North America plates interacting form a section of the Mexican Subduction Zone, is a region prone to generate big earthquakes (M#8.0). Here the earthquake recurrence period until now has been estimated based only on instrumental and sometimes historical data, while the tsunami threat has been underrated. Since the historic period in this area is reduced to 500 years and historic data are limited, the search and study of geochronos help to widen the time window, improving the earthquake and tsunami record through the analysis of sedimentary evidence of ancient events occurred in the historical and even in geologic times. This study shows evidences of abrupt changes in the sedimentary and biostratigraphic record (foraminifera and diatoms),

and by combining stratigraphic evidences with historical data, and ^{210}Pb derived dates present evidence related to the occurrence of historical earthquakes on the Jalisco coast. We identified in the geologic record a tsunami deposit left by the June 3rd, 1932 tsunami, and identify two large earthquakes related to the 1900 and 1563 events by combining stratigraphic evidences with historical data and ^{210}Pb derived dates.

SE03-6 CARTEL

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA MODELACIÓN DEL GRAN TSUNAMI 1787 BAJO DISTINTOS MODELOS DE RUPTURA

Corona Néstor

Centro de Estudios en Geografía Humana & Laboratorio de Oceanografía Social/El Colegio de Michoacán A.C.
corona@colmich.edu.mx

El sismo del 28 de marzo de 1787 pudo alcanzar aproximadamente una magnitud $M_w=8.6$ a razón de la estimación del área de ruptura, que alcanzó cerca 450 km de longitud. Dicho sismo se asocia a un gran tsunami que fue reportado en varias localidades costeras. El proceso de ruptura, así como, las potenciales características del tsunami que originó podrían estimarse mediante modelación numérica. Efectuar la modelación supone considerar la heterogeneidad en el proceso de ruptura, dadas las diferentes condiciones que presenta el segmento señalado. En este sentido, los parámetros comúnmente utilizados en la modelación de tsunamis, estos son: ángulo de subducción, orientación del segmento de la falla, densidad de la placa, profundidad del epicentro, velocidad de subducción, entre otros. En este trabajo ejecutaron una serie de modelos del proceso de generación del tsunami para evaluar las variaciones en el comportamiento hidrodinámico del tsunami. Los modelos generados parten de combinaciones en los parámetros sísmicos y geológicos. Se partió de un modelo simple en donde se asume que la longitud de ruptura es continua, y parámetros son homogéneos en los 450 km, hasta un escenario en donde se considera un modelo concatenado que asume diferentes condiciones en cada segmento hasta alcanzar la longitud de 350 km.

SE03-7 CARTEL

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y PALEOSÍSMICO DEL SEGMENTO NORTE DE LA FALLA DETACHMENT CAÑADA DAVID, REGIÓN LAGUNA SALADA, MEXICALI BAJA CALIFORNIA

Villaverde Villalobos Víctor Hugo¹, Fletcher John M.¹, Hinojosa Alejandro¹, Spelz Ronald², Rockwell Thomas K.³ y Cambrón Jaziel F.¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Facultad de Ciencias Marinas, UABC

³Department of Geological Sciences, SDSU
villaver@cicese.edu.mx

Se realizó un estudio geomorfológico y paleosísmico del segmento sinforme norte de la falla Detachment Cañada David (CDD), el cual se extiende a lo largo de la margen oeste de la Sierra El Mayor en su extremo norte. Mediante un dron se realizó un levantamiento fotográfico de alta resolución de un área de 48 Km², generándose Ortomosaicos, Modelos Digitales de Superficie y Nubes de Puntos que se utilizaron en la interpretación estructural y morfoestratigráfica de las diferentes secuencias de abanicos aluviales Cuaternarios. Los resultados obtenidos permitieron identificar rasgos estructurales y litológicos sin precedente, los cuales revelaron nuevas relaciones estructurales entre la falla maestra CDD y el arreglo de escarpes Cuaternarios que cortan las superficies aluviales. En la cuenca Cerro Colorado, entre la traza de la falla CDD y el arreglo de escarpes Cuaternarios asociados con el sismo $M_w=7.2$ (1892), se identificó un sistema relicto de fallas normales de alto ángulo con desplazamiento hacia el oeste, similar a la falla CDD. Esta relación fortalece la teoría del "Rolling Hinge" que predice la migración de la deformación en dirección del transporte tectónico de la falla CDD. Proponemos que en respuesta a esta actividad, la falla CDD ha registrado al menos dos eventos: el primero generó el sistema de fallas relicto Cerro Colorado, localizado 6 km hacia el oeste de la falla CDD; y el segundo formó el nuevo arreglo de escarpes en la margen oriental de la cuenca Laguna Salada, a una distancia de 12 km al oeste del trazo de la falla CDD. Adicionalmente, se documentó por primera vez la ruptura superficial relacionada al evento $M_L=6.5$ (1934), del cual se cartografiaron ~30 km de ruptura en superficie. Derivado de las relaciones cortantes, proponemos que la energía del sismo de 1934 propagó de sur a norte a través de la falla CDD, para posteriormente continuar a la falla Chupamirtos. Finalmente, se cartografiaron 4 km de rupturas superficiales, adicionales a los 58 km ya documentados por Rockwell et al (2015), del sismo $M_w=7.2$ (1892). Este nuevo segmento define la unión entre las fallas Cañón Rojo y Chupamirtos, las cuales proponemos conforman una sola estructura geológica.

Sesión especial

MODELACIÓN REGIONAL DEL CLIMA

Organizadores:

Ruth Cerezo Mota
Cuauhtémoc Turrent Thompson

SE04-1

INTERCOMPARACIÓN DE MODELOS DINÁMICOS REGIONALES Y TENDENCIAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN CORDEX-MÉXICO CENTRO AMÉRICA (CORDEX-CAM)

Cavazos Tereza¹, Luna Rosa Beatriz², Cerezo-Mota Ruth², Méndez Pérez Juan Matías³,
Pineda-Cardona Luis Felipe⁴, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso¹ y Fuentes Franco Ramón⁵

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Universidad Veracruzana, UV

⁴Universidad de Zacatecas

⁵Swedish Meteorological and Hydrological Institute
tcavazos@cicese.mx

Se hicieron simulaciones con cuatro modelos climáticos regionales (PRECIS-HadRM3P, RegCM4.0, RegCM4.5 y el RCA4) forzados con ERA-Interim para la región CORDEX-CAM (México y Centro América) a una resolución de 50 km para el periodo 1979-2010. Se presenta una evaluación de la temperatura y la precipitación anual de los modelos y sus tendencias climáticas en todo el dominio y en dos regiones: el monzón de América del Norte (NAM) y la zona de la canícula o sequía de medio verano (MSD). Las dos versiones de RegCM4 utilizaron la parametrización de cúmulos de Emanuel sobre el océano y Grell sobre el continente; se hizo un experimento adicional con RegCM4.5 utilizando Tiedke (T) en el continente. La precipitación se comparó con datos observados del Climate Reserach Unit (CRU v4), con el Global Precipitation Climatology Project (GPCP) y ERA-Interim, todos remallados a 50 Km. La temperatura se comparó con los datos del CRU. La temperatura y precipitación de los modelos se evaluaron con diagramas de dispersión mensual, ciclo anual, variación interanual, sesgos espaciales y mapas de tendencias decadales con su significancia. El patrón espacial de la temperatura media anual es bien simulado por todos los modelos, pero especialmente por el PRECIS. Los otros modelos subestiman la temperatura en casi todo el país. El patrón espacial de la precipitación media anual es bien representado por PRECIS, RegCM4-G, RegCM4.5-T y el RCA aunque con sesgos regionales. Curiosamente, el RegCM4.5-G no captura el patrón espacial de la precipitación en todo el dominio, es muy seco y presenta una Zona de Convergencia Intertropical muy débil y cerca del Ecuador, a diferencia de la versión anterior del modelo con parametrizaciones similares (el RegCM4.0-G), el cual es mucho mejor. La evaluación del ciclo anual en el NAM y el MSD indica que PRECIS, RegCM4-G y RCA simulan mucho mejor la precipitación que los dos experimentos con RegCM4.5; uno es muy seco (RegCM4.5-G) y otro muy húmedo (RegCM4.5-T). Las tendencias de temperatura para el periodo 1979-2010 muestran que las observaciones del CRU tienen un aumento significativo de $\# 0.4^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en el Noroeste de México, el Suroeste de Estados Unidos y la región del NAM, patrón que es parcialmente capturado por todos los modelos, aunque en menor intensidad. De acuerdo al CRU, se observa una disminución significativa de la precipitación (menor que $-25\%/\text{década}$) en Baja California, California y el sur de Arizona, y una tendencia positiva en la vertiente del Golfo de México y en la región de MSD de 5 a $10\%/\text{década}$. El RegCM4-G reproduce mejor este patrón que los otros modelos. Las tendencias significativas de temperatura (+) y precipitación (-) observadas en el NAM se asocian con la AMO y la PDO, pero especialmente con la AMO. Periodos decadales secos y cálidos se asocian con la fase positiva de la AMO y en menor medida con la fase negativa de la PDO.

SE04-2

DYNAMICAL DOWNSCALING OF HISTORICAL CLIMATE OVER CORDEX CENTRAL AMERICA DOMAIN WITH A REGIONAL OCEAN-ATMOSPHERE COUPLED MODEL

Cabos Narvaez William David¹, Martínez López Benjamín² y Sein Dmitry³

¹Universidad de Alcalá de Henares

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Alfred Wegener Institute

william.cabos@uah.es

We present a set of simulations of the present time climate in the Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX) Central America domain with the ROM (REMO-OASIS-MPIO-OM) regionally ocean-atmosphere coupled model and the regional atmospheric model (RCM) REMO. The boundary conditions for our simulations are taken from the ERA-Interim reanalysis and the MPI Earth System Model (MPI-ESM). The atmospheric component of our coupled model has been run with two different uniform horizontal resolutions of 25 and 50 km in coupled and uncoupled mode, while the oceanic component is the same in both set of simulations and has a global domain with higher resolution in the coupling region. The impacts of regional air-sea couplings on the simulations of the main climatic features of the CORDEX Central American region have been investigated, and the results have been compared with the corresponding simulations performed using REMO in stand-alone mode to determine strengths and weaknesses of the downscaling with the coupled ROM. The added value of both ROM and stand-alone REMO with respect to the driving global climate model was evident in terms of both climatology and interannual variability of summer rainfall over the Central American region, and it was due to the contributions of both the high horizontal resolution used and the reasonably well simulated convergence of the moisture fluxes. Compared with the stand-alone RCM simulations, the spatial pattern of the simulated low-level jet flow

over the Caribbean (and other atmospheric circulation features) was improved in the ROM model when we have an active ocean that allows for air ocean coupling. The results indicated that the simulated sea surface temperature (SSTs) resulting from the regional air-sea coupling were lower than those from the driving reanalysis over the Caribbean region and the North eastern tropical Pacific. These colder SSTs had both positive and negative effects. On the one hand, they strengthened the North Atlantic subtropical high, which improved the simulation of the summer monsoon circulation over Central America. On the other hand, the colder SSTs suppressed surface evaporation and favored weaker local interannual variability in the SST. Overall, the simulation performed using the ROM model is reasonable in terms of rainfall over the land areas and large scale circulation in the domain and will become the basis for the generation of climate change scenarios for the CORDEX Central America that will be described in a future paper.

SE04-3

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA POR SEQUÍA UTILIZANDO UN SISTEMA DE MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL

Martínez López Benjamín¹, Cabos Narvaez William David² y Sein Dmitry³

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Universidad de Alcalá de Henares

³Alfred Wegener Institute

benmar@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se utiliza un sistema de modelación climática regional para el desarrollo de un prototipo de sistema de alerta por sequía. Aquí mostramos algunas partes del desarrollo del sistema como lo son la elección del dominio computacional, la configuración del modelo, la elección de métricas para la verificación y los resultados de 8 experimentos numéricos en una primera fase exploratoria y 25 experimentos numéricos más de pruebas en diferentes dominios. Todo lo anterior con el objetivo de generar la información suficiente para decidir cuál es el dominio adecuado para el desarrollo del sistema de pronóstico de la sequía. Los resultados analizados de la fase exploratoria nos indicaron que el sistema de modelación climática regional en modo atmosférico sobreestimó marcadamente la precipitación en el Pacífico Oriental Tropical. Por el contrario, el sistema de modelación climática regional en modo acoplado simuló de manera satisfactoria las características más sobresalientes del campo observado de precipitación en nuestro país. Adicionalmente, los resultados analizados de los 25 experimentos usando diferentes dominios nos indicaron que el sistema de modelación climática regional en modo acoplado usando el dominio MES simuló adecuadamente las características más sobresalientes del campo observado de precipitación en nuestro país, teniendo un desempeño superior al observado en los otros dominios considerados. Con el dominio elegido y con el sistema de modelación climática regional ya configurado a nuestras necesidades, se están realizando actualmente todas las corridas necesarias para evaluar su desempeño en el periodo histórico.

SE04-4

THE CLIMATE CHANGE SIGNAL IN MEXICO AND THE CENTRAL AMERICAN REGION IN THE REGIONALLY COUPLED MODEL ROM: IMPACT OF COUPLING, RESOLUTION, AND MODEL DOMAIN.

Sein Dmitry¹, Martínez López Benjamín² y Cabos Narvaez William David³

¹Alfred Wegener Institute

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Universidad de Alcalá de Henares

dmitry.sein@awi.de

In this work we explore the impact that higher resolution, the active coupling between the ocean and the atmosphere, and the choice of the regional circulation model domain have on the downscaled climate projections over Mexico and Central America. We use two different configurations of the regionally coupled model ROM and its atmospheric component REMO with two different spatial resolutions. Here, we present the evaluation of the present time climate simulated by our regionally coupled model, highlighting the similarities and differences that the coupling, model resolution and location bring to the simulation of the Mexican and Central America present climate when compared to the driving model and among themselves. In addition, the climate change signal for the RCP8.5 scenarios are further discussed. Finally, we provide an outlook on future activities related to regional climate change studies in this region.

SE04-5

NEAR-TERM PROJECTIONS OF CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACTS OVER THE CONTINENTAL UNITED STATES

Ashfaq Moetasim
Oak Ridge National Laboratory
mashfaq@ornl.gov

We present high-resolution near-term ensemble projections of hydro-climatic changes over the contiguous U.S. using a regional climate model (RegCM4) that dynamically downscales 11 Global Climate Models from the 5th phase of Coupled Model Inter-comparison Project at 18km horizontal grid spacing. All model integrations span 41 years in the historical period (1965–2005) and 41 years in the near-term future period (2010–2050) under Representative Concentration Pathway 8.5 and cover a domain that includes the contiguous U.S. and parts of Canada and Mexico. Should emissions continue to rise, surface temperatures in every region within the U.S. will reach a new climate norm well before mid 21st century regardless of the magnitudes of regional warming. The future temperature response will be partly regulated by changes in snow hydrology over the regions that historically receive a major portion of cold season precipitation in the form of snow. More summer like conditions will drive increase in cooling demands and a net increase in the energy consumption over many regions. Significant warming will likely intensify the regional hydrological cycle through the acceleration of the historical trends in cold, warm and wet extremes. Our results show robust changes in the occurrence of severe weather conditions and in the likelihood of ice, freezing rain and snowstorms that may have disruptive impact on large human population across the U.S. These changes in precipitation characteristics will be driven by a shift towards shorter and wetter seasons. Overall, projected changes in the regional hydro-climate can have substantial impacts on the natural and human systems across the U.S.

SE04-6

PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN PARA LA REGIÓN DEL CENTRO-NORTE DE MÉXICO BAJO LOS ESCENARIOS RCP45 Y RCP85 USANDO EL MODELO REGIONAL REGCM4.

Pineda-Martínez Luis Felipe, Rodríguez-González Baudelio, Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Bluhm-Gutiérrez Jorge, Valle-Rodríguez Santiago y Huerta-García Josefina
Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ
lpineda@uaz.edu.mx

La precipitación en la región del Centro-Norte de México muestra patrones de distribución espacial y temporal altamente variantes. Esta región se caracteriza por un clima semiárido con periodos de sequía prolongados. La variabilidad de la lluvia está relacionada con fenómenos de gran escala como la señal de ENSO, PDO y en menor grado con AMO. Por su ubicación esta región es afectada por los eventos del movimiento de masas de aire frío que controlan gran parte de la lluvia invernal. En contraste, la circulación dominante de verano determina la lluvia en esa época. Así, la variabilidad de los factores sinópticos y de mesoescala que determina la variabilidad de las precipitaciones en la región Centro-Norte de México y parte del sur de los Estados Unidos, determinan los periodos interanuales y multianuales de lluvia-sequía de esa región. Este comportamiento es estudiado por medio de una simulación numérica de un periodo de referencia RF de 1980-2006 y dos proyecciones RCP45 y RCP85 de un periodo del 2006-2050 aplicando el modelo regional REGCM4. Los resultados muestran una tendencia a una mayor cantidad de eventos de lluvia fuerte localizados en las regiones de gradiente topográficos fuertes para ambos escenarios y una pequeña disminución de la precipitación hacia las partes altas en el centro de México.

SE04-7

UN ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA EN MÉXICO A TRAVÉS DE DOS MODELOS DE CLIMA REGIONAL

Méndez Pérez Juan Matías¹, Cerezo-Mota Ruth² y Pineda-Martínez Luis Felipe³
¹Universidad Veracruzana, UV
²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM
³Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ
jumendez@uv.mx

En este trabajo se discute la capacidad de los modelos de clima regional RegCM4 y HadRM3P para simular la variabilidad espacio-temporal de la sequía meteorológica en México y regiones adyacentes, con una resolución horizontal de 50 km. Se han realizado tres simulaciones, cubriendo el periodo 1979-2010, con dos modelos regionales (HadRM3P y RegCM4), de acuerdo a las especificaciones de CORDEX (Giorgi et al., 2009), y forzadas con ERA-Interim. Se realiza una comparación entre la sequía meteorológica simulada y la observada (CRU TS3.2.3). La sequía meteorológica está basada en el cálculo del llamado Índice Estandarizado de Evapotranspiración (SPEI por sus siglas en inglés) para 12 meses. Se muestran y discuten las características (severidad, duración y distribución espacial) de la sequía observada y simulada.

SE04-8

ESTUDIO NUMÉRICO DE UNA PROPUESTA DE REFORESTACIÓN PARA EL CENTRO DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES EN LA METEOROLOGÍA REGIONAL

Hernández Vargas Gisell¹, López Espinoza Erika Dana², Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia³, Zavala-Hidalgo Jorge³, Ruiz-Angulo Angel² y Gómez Ramos Octavio³

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
nada_ghv@ciencias.unam.mx

El tipo de cobertura vegetal juega un papel importante tanto en la regulación de los flujos de calor, como en el ciclo hidrológico y de carbono. Al modificar la cantidad de humedad presente en la superficie terrestre se produce una alteración sobre los flujos de calor sensible y latente, así como en el desarrollo de la capa límite. México ocupa el tercer lugar entre los países con mayores tasas de deforestación y su principal causa es la sustitución de cobertura forestal por otro tipo de cobertura con menor o nula densidad arbórea, como son las tierras para el cultivo y para la crianza de ganado. Al convertir la vegetación a este tipo de cobertura y uso de suelo, se incrementa la tasa de escorrentía provocando una disminución en la humedad sobre la superficie terrestre. Esto genera las condiciones necesarias para desarrollar climas mas secos y cálidos. En la presente investigación se realizó un estudio numérico para diferentes propuestas de reforestación en el centro de México haciendo uso del modelo de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF). Modificando las condiciones de cobertura de suelo se simuló diferentes tipos de vegetación y se analizó su impacto sobre la atmósfera de la región en diferentes épocas del año: seca fría, seca cálida y húmeda. Las simulaciones numéricas se realizaron considerando tres dominios con resolución de 15, 5 y 1 km. El impacto de cada escenario de vegetación fue analizado en las variables meteorológicas de temperatura, precipitación, altura de capa límite y magnitud del viento.

SE04-9

ESTUDIO NUMÉRICO DEL NUEVO LAGO DE CHALCO Y SU IMPACTO EN EL TIEMPO METEOROLÓGICO DE LA REGIÓN

García Jiménez Alejandro Jair¹, López Espinoza Erika Dana², Zavala-Hidalgo Jorge³, Ruiz-Angulo Angel², Gómez Ramos Octavio³ y Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia³

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
alejandror.jair@gmail.com

Durante el siglo XX fueron implementadas diversas obras hidráulicas al sur de la Cuenca de México con el objetivo de buscar alternativas para el abasto de agua potable para la Ciudad de México. Sin embargo, la extracción intensiva de agua subterránea a través del sistema de pozos Mixquic-Santa Catarina en la subcuenca de Chalco, ocasionó la subsidencia del terreno dando lugar a la formación de un nuevo cuerpo lacustre denominado El Nuevo Lago de Chalco. En la presente investigación se realizó un análisis numérico de alta resolución espacial y temporal empleando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para analizar el impacto en la atmósfera asociado al surgimiento de El Nuevo Lago de Chalco. Haciendo uso de escenarios de cambio de cobertura de suelo, se realizaron dos simulaciones numéricas para un dominio padre que considera la Cuenca de México con resolución de 15 km, y dos dominios anidados de 5 y 1 km centrados en la subcuenca de Chalco. Una simulación consideró la cobertura del suelo sin la formación del nuevo cuerpo de agua y la otra consideró la presencia del nuevo cuerpo lacustre. Ambas simulaciones fueron hechas para una semana en cada una de las temporadas: seca fría, seca cálida y húmeda. Finalmente, con las salidas simuladas se analizaron las variables de temperatura en superficie, precipitación y magnitud del viento.

SE04-10

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO DE COBERTURA DE SUELO PARA EL AÑO 1807 EN LA CUENCA DE MÉXICO EMPLEANDO MODELACIÓN NUMÉRICA

Labrada Santana Alejandra¹, López Espinoza Erika Dana², Zavala-Hidalgo Jorge³, Ruiz-Angulo Angel², Gómez Ramos Octavio³ y Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia³

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
alelabrada@ciencias.unam.mx

El incremento en la urbanización y la rápida expansión de las ciudades, son procesos importantes que actualmente ocurren en nuestro planeta y se han convertido en un problema de preocupación mundial. En particular, la Cuenca de México representa una de las regiones con la mayor mancha urbana a nivel nacional. Cabe destacar que desde la existencia de los primeros asentamientos humanos sobre el sistema de lagos se han desencadenado una serie de transformaciones de la superficie terrestre relacionadas con el cambio de la cobertura de suelo. En el presente estudio se empleó el modelo numérico de mesoescala Weather Research and Forecasting

(WRF) para estudiar el impacto en las condiciones meteorológicas de la Cuenca de México debido a los cambios de cobertura de suelo de 1807 a 2016. Se realizó la reconstrucción de la cobertura de suelo de 1807 considerando el sistema de lagos, la vegetación y la mancha urbana. Se hicieron dos simulaciones numéricas: la primera empleando la reconstrucción para obtener las condiciones meteorológicas de esa época, y la segunda considerando las condiciones actuales de cobertura de suelo de 2016. Las simulaciones se generaron considerando tres dominios con resolución de 15, 5 y 1 km. Se realizaron simulaciones numéricas de una semana en cada temporada: abril para la seca cálida, enero para la seca fría y julio para la húmeda. Finalmente, se analizaron las variables de precipitación, temperatura, magnitud y dirección del viento.

SE04-11

USO DEL CFSV2 (CLIMATE FORECAST SYSTEM VERSION 2) PARA LA PREDICCIÓN DEL CLIMA SUBESTACIONAL EN MESOAMÉRICA

Vázquez Aguirre Jorge Luis¹, Montero Martínez Martín José², Peña-Méndez Malaquías³ y Collins Dan⁴

¹Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

³Environmental Modelling Center, NOAA

⁴Climate Prediction Center, NOAA

j.climsci@gmail.com

Las salidas operacionales y los pronósticos retrospectivos de un modelo global acoplado, el CFSv2 (Climate Forecast System Version 2), se utilizan para explorar la capacidad predictiva sobre algunas características subestacionales del clima en la región Mesoamericana. Específicamente se aborda el caso de la sequía de medio verano –un mínimo relativo de precipitación en el área de estudio, donde el régimen de lluvias de verano tiene un carácter bimodal- que normalmente se observa en los meses de julio y agosto, y tiene gran relevancia para la agricultura de temporal y el manejo de agua, entre otras aplicaciones. Utilizando una base de datos en mallas regulares, desarrollada a partir de un subconjunto de observaciones instrumentales seleccionadas mediante procesos de control de calidad, en combinación con los pronósticos retrospectivos del CFSv2 (1999-2010), se realiza la estimación y corrección del sesgo en las variables obtenidas del CFSv2, para un tiempo dado de pronóstico y para varios miembros del conjunto de predicciones disponibles. De este modo, se implementa un sistema prototipo de predicción, el cual, permite obtener pronósticos de anomalías, o bien de la probabilidad de excedencia de umbrales en determinadas variables. Ante el reto de optimizar las predicciones en servicios climáticos y transitar de los procesos de investigación a los de operaciones, se identifican las principales demandas de los usuarios, que incluyen requerimientos de información en las predicciones sobre el inicio, fin, duración, intensidad y distribución espacial de la sequía de medio verano. Dadas las inherentes limitaciones en las predicciones, se aborda la investigación complementaria sobre sus aspectos cualitativos con el fin de caracterizar los aspectos sobre su percepción, tiempo de entrega, disponibilidad, flexibilidad, credibilidad, interpretación, aprovechamiento y oportunidad.

SE04-12

TENDENCIAS OBSERVADAS Y PROYECCIONES FUTURAS DE CALOR EXTREMO EN SONORA, MÉXICO

Navarro Javier¹, Robles Morúa Agustín¹, Vivoni Enrique², Espindola Jorge³, Montoya José³ y Verdusco Monge Vivian Shimei³

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Arizona State University

³Universidad de Sonora, UNISON

javiernavarro@gmail.com

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, las temperaturas globales han aumentado desde principios del siglo 20 y más pronunciadamente a partir de 1970. Las variaciones de temperatura tienen impacto en el confort termal, salud pública y en las actividades económicas. En este trabajo, se caracterizó el aumento de temperaturas de aire en Sonora, México, utilizando como indicadores a Días Calientes (DCs) y Ondas de Calor (OC) para estudiar las tendencias históricas de calor extremo. Además, se utilizó un modelo lineal generalizado de Poisson para representar a los DCs durante el periodo observado (1966-2015) para generar escenarios futuros, los cuales fueron comparados con 6 modelos de circulación general reescalados (CNRM-CM5, CSIRO Mk3.6.0, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR and IPSL-CM5A-MR) bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Los resultados de este trabajo indican que las estaciones climáticas muestran aumentos en el número de DCs y OC en el periodo histórico que pueden ser asociados a factores físicos como la elevación, cobertura de suelo urbana y porcentaje de lluvia de verano. Los resultados estadísticos y las proyecciones de los modelos indican que estas tendencias continuarán en el futuro hasta 2060, aunque con un alto grado de incertidumbre. Estos resultados encontrados son importantes para identificar estrategias de adaptación en los sectores públicos y ambientales en Sonora.

SE04-13

MODELACIÓN DE LA METEOROLOGÍA A ESCALA URBANA Y SU APLICACIÓN AL CASO DE ESTUDIO DE AZOTEAS NATURADAS PARA UNA ZONA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Vázquez Morales Williams¹, Jazcilevich Aron², Caetano

Ernesto³, García Agustín², Gómez Gabriela³ y Bornstein Robert⁴

¹Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³IGG-UNAM

⁴SJSU Department of Meteorology

williams.vazquez@unicach.mx

Empleando el modelo meteorológico urbanizado uMM5 se realizó la modelación a una resolución de 500 m, para conocer los efectos de las azoteas verdes en la altura de capa de mezcla en una zona de la Ciudad de México. El modelo necesita datos detallados de la morfología urbana de la zona de estudio, estos datos fueron obtenidos mediante procesamiento cartográfico empleando sistemas de información geográfica. Los parámetros iniciales necesarios para ejecutar el modelo, se obtuvieron de campañas meteorológicas para una azotea verde y una azotea convencional localizadas en el Jardín Botánico, UNAM. Con datos de estudios realizados en la Ciudad de México y comparándolos con los resultados de uMM5, se constató que este representó adecuadamente los campos meteorológicos y la altura de capa de mezcla. Para estudiar los efectos de la naturación de azoteas, se tuvo que realizar la sustitución total de las azoteas convencionales por azoteas verdes, la modelación muestra reducciones de las islas de calor hasta en 1.5°C, tal enfriamiento y de acuerdo a las condiciones meteorológicas presentes, el efecto más importante fue la reducción de la altura de la capa de mezcla, hasta en un 8%, lo cual generaría un aumento en la misma proporción de los contaminantes atmosféricos. Para constatar esto, se usó un modelo de caja básico de dispersión de contaminantes, el cual revela que el aumento significativo de los contaminantes evaluados, se dio en las concentraciones de PM10 durante el periodo de 07:00 a 10:00 horas. En base a los resultados obtenidos de esta investigación es muy importante realizar un análisis preliminar sobre la implementación de azoteas naturadas, sobre todo en ciudades que presentan graves problemas de contaminación atmosférica, ya que al implementarlas podría agravar el problema, cabe señalar que los resultados pueden cambiar en otras ciudades.

SE04-14

SENSIBILIDAD DEL MODELO WRF ANTE CAMBIOS EN LA TOPOGRAFÍA Y EN LAS COORDENADAS VERTICALES

Osoorio-Tai María Elena, Zavala-Hidalgo Jorge, Gómez Ramos Octavio y Romero-Centeno Rosario
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tai@atmosfera.unam.mx

El modelo WRF viene con una serie de archivos de topografía de diferentes resoluciones que son las que comúnmente son utilizadas para realizar simulaciones y pronósticos en México. Estas capas de información vienen suavizadas para evitar que las simulaciones sean inestables numéricamente y para disminuir el error por el uso de coordenadas sigma. Sin embargo, el suavizado es mayor que el que se observa en otras regiones, por ejemplo las montañas Rocallosas en los Estados Unidos, por lo que se hacen diferentes experimentos numéricos para evaluar la estabilidad numérica y la sensibilidad de los resultados de las simulaciones. Por otra parte, en la última versión del modelo existe la opción de usar coordenadas híbridas, sigma-z, que tienen el propósito de evitar que en los niveles altos las coordenadas sean diferentes de superficies geopotenciales para minimizar los errores por difusión diapirna. También se evalúa el impacto de usar este sistema de coordenadas.

SE04-15

CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DEL PRONÓSTICO DE LA PRECIPITACIÓN EN MODELOS METEOROLÓGICOS DE MESOESCALA PARA LA CIUDAD DE ENSENADA

Méndez Turrubiates Raúl Fernando y Gross Markus
CICESE
mendezr@cicese.edu.mx

Los pronósticos acertados salvan vidas, ya sea mediante una alerta oportuna durante una emergencia o en la mitigación de eventos, permitiendo prevenir pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos. Debido a esto se han desarrollado formas de mejorar los pronósticos como: Aumentar la resolución espacial del modelo o el uso de ensambles. Al aumentar la resolución del modelo los patrones y características de variables como la precipitación son más realistas, a pesar de esto, a menudo estos pronósticos ocurren en otro lugar o en un tiempo equivocado. Al hacer pronósticos mediante ensambles obtenemos información de incertidumbre de los posibles futuros estados de la atmósfera, sin embargo, es necesario tener una mayor capacidad de cómputo. Es relativamente sencillo pronosticar la precipitación como un promedio a lo largo de grandes áreas debido

a que con esto se puede corregir parte los errores debido al desplazamiento de la precipitación, por eso generalmente el pronóstico para una región pequeña o en una estación tiende a tener mayores errores que los generados en resoluciones menos. Por lo tanto en este trabajo se propone un método combinado para generar un pronóstico mediante ensambles generados de un modelo de mesoescala para un lugar específico (estaciones meteorológicas automáticas), con las salidas de los miembros del ensamble generar un pseudo-ensamble en las estaciones utilizando las celdas vecinas de las estaciones. Con la información extra generada se espera proveer mayor confianza al pronóstico determinístico. Para realizar el trabajo se va utilizar el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) con el cual se hará la reducción dinámica de 5, 1.33 y 0.55 km en la región centrada en la ciudad de Ensenada en el estado de Baja California. Para forzar el modelo WRF se utilizan las salidas del North American Mesoscale Forecast System (NAM) con una resolución espacial aproximada de 5 km. Los miembros del ensamble son generados utilizando el módulo de asimilación de datos (WRFDA por sus siglas en inglés) el cual agrega perturbaciones a las salidas del modelo NAM.

SE04-16

PRONÓSTICO REGIONALIZADO DE LLUVIAS EXTREMAS USANDO SERIES DE TIEMPO NO CONVENCIONALES

Juárez-Hernández Argelia Esperanza¹, Zepeda-Bautista Rosalba¹ y Angeles-Islas Jorge²

¹Instituto Politécnico Nacional, ESIME

²Instituto Politécnico Nacional, UPIITA

ajuarezh1302@alumno.ipn.mx

En el presente trabajo se propone una variante metodológica para el cálculo de pronóstico de precipitaciones extremas en una zona geográfica definida, basado en la construcción de series de tiempo no lineales. Los términos de la serie se obtienen por ajuste numérico vía algoritmos computacionales relativamente simples a partir de los cuales se detectan eventos de lluvia cuyas magnitudes superan un límite específico a partir del cual son llamados extremos y que presentan un comportamiento cuasi-periódico. La superposición de estos eventos representados como términos en la serie permite obtener una línea de tiempo donde es posible visualizar eventos extremos masivos. Con el fin de regionalizar el pronóstico se combina la metodología estadística para construir una serie de tiempo convencional y el empleo del método de estimación denominado "Distancia Inversa Ponderada" (IDW por sus siglas en inglés). La serie resultante permite obtener el comportamiento de valores extremos a corto y largo plazo. El modelo planteado permite calcular la probabilidad de ocurrencia de lluvia extrema para un año específico en función del valor definido como extremo según se requiera. El modelo puede ser retroalimentado para obtener nuevos ajustes de forma heurística. La serie de tiempo obtenida reproduce los valores del registro histórico para el periodo estudiado con un margen de error razonable. A partir de la serie es posible realizar el cálculo de la distribución de valores extremos de forma semejante al método convencional de Gumbel. En el presente trabajo se incluyen el pronóstico de lluvia extrema obtenido al aplicar esta metodología a la zona de Ecatepec, Estado de México. En el análisis numérico se emplearon los datos recolectados de 7 estaciones climatológicas operadas por la Comisión Nacional del Agua durante un intervalo de 33 años.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

Organizadores:

Carlos Miguel Valdés González

Oscar Zepeda Ramos

Miguel Angel Cruz Pliego

SE06-1

PROGRAMA PREVENTIVO DE LA PROTECCIÓN CIVIL, LA GESTIÓN DEL RIESGO DESDE LO LOCAL

García Moreno Luis Manuel
Protección Civil de Chiapas
luismanuelgarciam@gmail.com

La dispersión poblacional es muy amplia en Chiapas, ya que en la entidad de acuerdo al censo de población el año 2010, existen 20,047 localidades, 14,620 con menos de 100 habitantes y 12,838 localidades con menos de 50 habitantes. La alta dispersión de comunidades aumenta significativamente la vulnerabilidad a desastres, por eso el Programa Preventivo de Protección Civil del Estado de Chiapas al estar soportando en su base operativa en los Comités de Prevención y Participación Ciudadana, es la estrategia idónea para que dentro de la Gestión Integral de Riesgos de Desastres, se opere la reducción del riesgo desde lo local. El Programa Preventivo de Protección Civil, mejor conocido como PP5 es la estrategia que involucra directamente a la sociedad en su conjunto para que de forma concurrente con los tres órdenes de gobierno se potencialice a la protección civil en esta administración. El Programa Preventivo de Protección Civil PP5, opera en todos los municipios de la entidad, el cual tiene por objetivo transferir los conocimientos de la protección civil a la población, para fortalecer el plano comunitario de la autoprotección: conocer, anticipar, preparar, enfrentar y recuperarse de los desastres, en forma autogestionaria, coordinada, organizada y solidaria y de esta manera lograr la resiliencia comunitaria. Hoy se cuenta con aproximadamente 5 mil 945 Comités de Prevención y Participación Ciudadana, sus principales tareas son: mantener a la población de su comunidad informada de las contingencias que se pueden presentar utilizando varios VHF y altavoces, monitoreo de fenómenos perturbadores, identificación de riesgos en su lugar de residencia, reducción de los riesgos ya identificados y la preparación para la atención de emergencias. Se denomina PP5 por sus cinco pasos fundamentales: 1. Organización de Comités de Prevención y Participación Ciudadana 2. Capacitación de Comités de Prevención y Participación Ciudadana con los Supervisores Regionales, para la generación Plan Comunitario para la resiliencia, cuya principal herramienta es el mapa local de peligros y vulnerabilidades. 3. Comunicación mediante el Programa de Radios (más de 3 mil 547 radios y repetidores intercomunicados al Sistema Estatal de Protección Civil: Dependencias Federales, Estatales, Municipios y Comités Comunitarios), operación de una Red de Radiocomunicación permanente que enlace a los Municipios y a los Comités Comunitarios con el Sistema Estatal de Protección Civil. 4. Cómputo utilizando Sistema Integral de Protección Civil en Internet e Intranet, que enlace a todo el Sistema Estatal de Protección Civil y concentra la información proveniente de los Municipios, Comunidades, Dependencias e Información Científica y Geomática para seguimiento y toma de decisiones en el proceso de gestión integral de riesgos. 5. Operación del Programa Preventivo de Protección Civil PPC5, por los comités de prevención y las instituciones federales, estatales y municipales y en caso de alguna contingencia operar los planes comunitarios, específicos y de emergencias estatales.

SE06-2

IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIEGOS DE LA ADMINISTRACIÓN 2015-2018 EN EL MUNICIPIO DE PUERTO VALLARTA, JALISCO

Bobadilla García Adrian Eliseo
Protección Civil Puerto Vallarta
adrian.bobadilla@bomberosvallarta.gob.mx

El municipio de Puerto Vallarta altamente susceptible a la ocurrencia de fenómenos naturales, por lo que el Gobierno Municipal, con el objetivo de salvaguardar la integridad física de las personas, sus bienes y su entorno, ante eventualidades de emergencia o desastre, ha realizado diversas acciones enfocadas a la Reducción de Riesgos. Al inicio de la administración, los reglamentos municipales contaban con más de 20 años de vigencia, actualmente se cuenta con un Reglamento Municipal de Zonificación publicado en el mes de enero de 2016, en proceso de actualización el Reglamento Municipal de Construcción y ya en el pleno del ayuntamiento la propuesta del Reglamento Municipal de Protección Civil y Gestión de Riesgos, este último incorporando lo establecido en las Leyes y Reglamentos federales y estatales vigentes, así como los objetivos del Marco de Sendai. El municipio cuenta con un Atlas de Riesgos Naturales actualizado en el año 2014, en el año 2015 se llevó a cabo la reestructura orgánica de la Subdirección de Protección Civil y Bomberos, donde se crearon las siguientes áreas, con personal técnico especializado en identificación y análisis de riesgos, reducción de riesgos, atención de emergencias, recuperación y capacitación. Del año 2015 a la fecha, para cada una de las áreas se ha adquirido herramienta, equipo y vehículos de acuerdo a las actividades que se realizan, tales como: work station para manejo de Atlas de Riesgos, equipos de cómputo de escritorio y portátil, GPS, Equipo de protección personal, equipos de respiración autónoma, ecosonda, drones, un vehículo de rescate urbano, ambulancias, tres camiones motobomba, entre otros. De igual manera se ha brindado capacitación al personal en manejo de Sistemas de Información Geográfica, EDAN, SCI, Manejo de Refugios Temporales, Seminario Deslizamiento de Laderas, entre otras. El municipio cuenta con un Programa Municipal de Protección Civil, que contempla las ocho etapas de la Gestión Integral de Riesgos: Identificación, Previsión, Prevención, Mitigación,

Preparación, Auxilio, Recuperación y Reconstrucción; este programa incluye Planes de Contingencia para cada tipo de fenómeno identificado en el municipio, donde se especifican actividades tales como recorridos de inspección a ríos, arroyos y asentamientos humanos. en zonas de riesgo, limpieza y desazolve de ríos y arroyos, refugios temporales para cada tipo de eventualidad, entre otras. Se han llevado a cabo acciones como el Primer Foro Institucional de Protección Civil, macro simulacros, operativos en diferentes eventos, capacitación a Colegios de Ingenieros y Arquitectos del municipio de Puerto Vallarta entre otros. Actualmente está en proceso de elaboración el Proyecto Perfil de Resiliencia Urbana de Puerto Vallarta, se realizó la solicitud de recursos ante la SEDATU, para la elaboración de los proyectos: Programa Municipal de Ordenamiento Territorial; Estudio específico para la Evaluación de Riesgo por el Fenómeno de Tsunamis; Estudio de viabilidad y de costo beneficio para la reubicación de la población en zonas de riesgo. El objetivo del trabajo es mostrar las políticas públicas implementadas en la gestión integral de riesgos de la Administración 2015-2018 en el Municipio de Puerto Vallarta, Jalisco

SE06-3

LOS SERVICIOS GEOFÍSICOS: DESARROLLO Y EXPECTATIVAS FUTURAS

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Pérez-Campos Xyoli¹, Zavala-Hidalgo Jorge¹, Cabral Cano Enrique², Valdés Barrón Mauro³, González Esparza Juan Américo² y Cifuentes Nava Gerardo²
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
estebanh@geofisica.unam.mx

El Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene bajo su responsabilidad la operación del Servicio Sismológico Nacional (1910); El Magnético (1914); el Mareográfico Nacional (1952); y recientemente el Servicio de Clima Espacial (2014). El mismo instituto está promoviendo la creación del Servicio de Geodesia Satelital, y el Servicio Solarimétrico. La UNAM es responsable del buen desempeño de la operación, mantenimiento preventivo y correctivo de las respectivas redes de estaciones y/u observatorios; su alcance, longevidad, y pertinencia de la creación de nuevos servicios; así como la producción y resguardo a perpetuidad de información, así como de los datos y metadatos generados por estos servicios. Los servicios geofísicos tienen una función ambivalente, pues son un apoyo a la investigación mediante la producción de información de alta calidad; por otro lado, brinda a la sociedad y a los tomadores de decisiones información relevante para la prevención y la atención de fenómenos naturales. En este trabajo se presenta una breve semblanza de cada uno de los seis servicios mencionados; que coinciden en organizar el registro, almacenamiento, distribución y preservación de datos a nivel nacional para ser consultados por autoridades y población en general; también promueve el intercambio de datos con otras instituciones a nivel nacional e internacional. Los servicios reportan sus datos de acuerdo al nivel de seguridad nacional: alertas (Servicio Mareográfico Nacional; o de Clima Espacial); reportan fenómenos en proceso de acuerdo al nivel de peligro (Servicio Sismológico Nacional; Magnético, o Solarimétrico); o como información procesada con valor agregado para análisis histórico o en tiempo real (Servicios Sismológico Nacional; Mareográfico Nacional; o de Geodesia Satelital); sin demeritar la interacción entre estos (p. ej. Servicios Magnético, de Geodesia Satelital y de Clima Espacial). Es tendencia generalizada la operación 24/7 con diferentes tiempos de latencia. La escala que abarca cada servicio va desde el ámbito local (subsistencia del terreno en zonas urbanas, sismos en un área específica); escalas intermedias (tsunamis, recurso solar), largo plazo (calentamiento global y elevación del nivel del mar), hasta el planetario cercano (contenido total de electrones en la ionósfera); o el interplanetario (clima espacial, tormentas geomagnéticas). Cualquier escenario futuro de los servicios geofísicos debe considerar una política de toma de datos espacio-temporal interdisciplinaria; así como repositorios institucionales de acceso libre y abierto para el almacenamiento, concentración, distribución y respaldo de la información; con el fin de conjuntar disciplinas para un alto aprovechamiento de recursos. Desde la perspectiva del gobierno en distintos niveles (municipal, estatal, y federal), es imprescindible una operación adecuada, homogénea, con políticas responsables y cadenas de reacción pertinentes de los servicios geofísicos nacionales. Sus misiones incluyen el conocimiento físico del territorio nacional, y aquellos fenómenos naturales globales que lo afectan.

SE06-4

LA EDUCACIÓN A DISTANCIA COMO ESTRATEGIA PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO A NIVEL NACIONAL

Garibay Rubio Carlos Rodrigo, García Zúñiga Mayte Guadalupe, Fonseca García Graciela Ivette, González Servín Yolanda Alejandra y Reyes García Ana Belem
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
rgaribay@cenapred.unam.mx

La República Mexicana se encuentra ubicada en una zona privilegiada en el globo terráqueo, lo que le permite contar con una gran variedad de ecosistemas, que encierran una riqueza natural indiscutible, así como una belleza sin parangón. Sin embargo, la misma razón que le permite al país contar con dicha variabilidad climática, también lo predispone a sufrir el embate de fenómenos naturales perturbadores de gran magnitud, como lo pueden ser sismos o huracanes entre otros. Por esa razón es que México se encuentra continuamente en la búsqueda

e implementación de estrategias novedosas que permitan al pueblo mexicano, no solo enfrentar del mejor modo posible estos eventos, sino centrar las acciones gubernamentales en un modelo de Gestión Integral del Riesgo (GIR) que permita prevenir y mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores naturales así como de los antrópicos. Siguiendo esa línea de acción gubernamental, es posible apreciar a través de algunas metas relevantes detalladas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (documento que orienta las políticas y programas del Gobierno Federal, donde de igual modo se fijan los objetivos, estrategias y prioridades para el desarrollo integral y sustentable de todo el país a través de dos de sus cinco metas nacionales) México en paz y México con Educación de Calidad, lo la importancia que el país otorga tanto a la Educación como a la protección ciudadana a través de la reducción de riesgos de desastre. Dada la problemática a la que se enfrenta la Administración Pública en cuanto a la estrategia educativa para la formación adecuada para aproximarse a todos aquellos que se encargan de la protección en los diversos órdenes de gobierno del país, resulta crítico contemplar factores como los siguientes:

- Maximización de la accesibilidad a la formación al determinar los requisitos de acceso
- Disponibilidad temporal del grupo objetivo
- Posibilidad de alcance nacional (cobertura)
- Determinación de los conocimientos mínimos necesarios a estandarizar a nivel nacional para el desarrollo de las actividades en la materia
- Equidad de género

Dado lo anterior es que la educación a distancia ha resultado ser una herramienta eficiente para la estandarización de conocimientos y el establecimiento de una mayor homogeneidad entre los requisitos para el desarrollo profesional en el área. Los resultados de estos programas entonces son alentadores para la inversión educativa de la federación en temáticas como las abordadas en la protección civil.

SE06-5

FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO POR MEDIO DE LA ESCUELA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL CAMPUS TABASCO

Y Terán Suárez Jorge Mier
Protección Civil de Tabasco
jmierpcet@gmail.com

En Tabasco se encuentra una tercera parte de los recursos hidráulicos de México, en una superficie que representa 1.5% del territorio nacional. La actividad petrolera y las acciones derivadas de sus procesos representan, según datos estadísticos de la Secretaría de Economía, el 58% de la actividad misma que tendrá un crecimiento adicional en los próximos años por la Reforma Energética. Por destacar dos rubros, los riesgos hidrometeorológicos y químicos, así como los vinculantes socio organizativos asociados, son estadísticamente significativos para el Estado de Tabasco. Lo anterior conlleva la necesidad de fortalecer los 5 Centros Regionales de Prevención, Atención de Emergencias y Capacitación (CEREPAEC) del Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco, para que operen, no solo como unidades de respuesta y atención sino como actores en la promoción, formación y consolidación de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. Funcionarán en el corto plazo como sucursales de la Escuela Estatal de Protección Civil y se buscará dotarlos del personal idóneo y los insumos de capacitación necesarios para desarrollar su actividad y promover la profesionalización, no solo de las Unidades de Protección Civil sino de todo aquel funcionario, empresario, líder social o comunitario que pueda ser copartícipe de la reducción de riesgo de desastres. Además, con la propuesta en marcha del Sistema de Alerta Temprana (Fase I), Módulo Hidrometeorológico, conformado por estaciones meteorológicas automáticas y un radar, con los cuales se establecerán umbrales de afectación, los municipios podrán emitir oportunamente hacia la población vulnerable, alertas de afectación, a fin de minimizar los riesgos de pérdida de vidas humanas y los daños económicos para la construcción de una sociedad más resiliente.

SE06-6

ANÁLISIS DE RIESGO DE COYUCA DE BENITEZ, GUERRERO

Heredia de los Santos Víctor Manuel
Protección Civil del Municipio de Coyuca de Benítez
pccoyucadebenitezgro@hotmail.com

La elaboración del análisis de riesgos en el Municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero, es de suma importancia para salvaguardar las vida y patrimonio de los ciudadanos., ya que el Municipio se caracteriza, entre otros aspectos, por su ubicación geográfica en una parte del territorio nacional como vulnerable ante los diversos fenómenos naturales que implican riesgos para sus viviendas, actividades productivas, infraestructura y población en general. La presencia de las tormentas Ingrid y Manuel, del 15 de septiembre del año 2013, afectó fuertemente al Municipio ocasionando que la corriente marina ecuatorial conocida como mar de fondo afecto en su totalidad a la franja costera. Por lo anterior es de vital interés contar con un Atlas Municipal de Riesgo, para prever y reducir afectaciones futuras que le permita a los habitantes tomar acciones de tipo preventivo y de mitigación ante los sismos, inestabilidad de laderas, tsunamis, huracanes y ciclones tropicales, flujos de lodo desbordamiento de ríos y lagunas e incendios forestales. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar las afectaciones que ha habido en el Municipio de Coyuca de Benítez ante la presencia de los fenómenos perturbadores así como las buenas practicas que han tomado las autoridades para reducir el riesgo por desastre.

SE06-7

ESTUDIO SOBRE LA VULNERABILIDAD FÍSICA A LA SUBSIDENCIA Y AL FRACTURAMIENTO DEL TERRENO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Carreón Freyre Dora¹, Gutiérrez Calderón Raúl Iván², Cerca Mariano³, Alcántara Durán Carlos Felipe², Centeno Salas Félix Antonio³, González Hernández Marcos¹, Jiménez Sánchez Carmen Alejandra² y Zacarías Ramírez Said Ricardo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CERG

³UNAM

⁴IPN

freyre@geociencias.unam.mx

Desde mediados del siglo XX, cuando inició el fenómeno de subsidencia en la Ciudad de México, se han estudiado sus efectos y los riesgos que implica para sus habitantes. La persistente subsidencia del terreno y el fracturamiento asociado causa daños sobre construcciones e infraestructura urbana, principalmente sobre vialidades, redes de agua potable y drenaje, a corto, mediano y largo plazo; lo que implica costos importantes de mitigación y mantenimiento. La deformación y susceptibilidad al fracturamiento del terreno es determinista, estos son fenómenos multifactoriales condicionados por variables físicas que pueden ser medidas e integradas en un análisis sistemático que permita llevar a cabo una correlación adecuada de los parámetros que los determinan. Se consideran como variables principales el tipo fracturamiento, variaciones litológicas, pendiente del terreno, gradiente de subsidencia y abatimiento piezométrico. En este trabajo se propone una metodología para la estimación de un Índice de Vulnerabilidad Física al Fracturamiento (IVFF), que sea de fácil utilización para la toma de decisiones, que ayude en la realización de zonificaciones de peligro y riesgo además del diseño de sistemas de monitoreo adecuados, encaminados a la optimización de medidas de mitigación en los sitios afectados.

SE06-8

¿INCONSISTENCIAS O LIMITACIONES? DEL MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE LADERAS, SEGÚN CASOS DOCUMENTADOS

Domínguez-Morales Leobardo, González Huesca Alberto
Enrique, Nieto-Torres Amiel y Nava-Licon Gretel Jael
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
ldm@cenapred.unam.mx

En fechas recientes investigadores de la Dirección de Investigación del CENAPRED desarrollaron una metodología para elaborar mapas de susceptibilidad por inestabilidad de laderas, la cual permitió, según casos documentados de 2003 a 2012 (González y coautores, 2015), determinar el grado de influencia o peso relativo de los principales factores que influyen en la inestabilidad. A estos últimos, en congruencia con los métodos de análisis de estabilidad de laderas y taludes, y los conceptos básicos de peligro y riesgo, se les denominó como factores condicionantes ya que son los que determinan que tan favorables o desfavorables son las condiciones de una ladera, o de un talud, para que presente alta o baja propensión a la inestabilidad. Como era de esperarse, y como reconocen los autores de dicha metodología, elaborar un mapa a escala nacional tiene limitaciones inherentes a la precisión y resolución de las fuentes de información utilizadas como geología, uso de suelo y vegetación y topografía. No obstante, el mapa elaborado ha permitido afrontar la necesidad y el vacío de información que, por décadas, se había tenido y que urgía subsanar, ya que es un fenómeno que año con año cobra un gran número de vidas y genera daños materiales cuantiosos. Por otra parte, no debe pasarse por alto el hecho indiscutible de que las actividades humanas como la deforestación, los cortes, las excavaciones y las modificaciones en los regímenes de escurrimientos, por citar solo algunos, influyen de manera decisiva en la ocurrencia del fenómeno. En este artículo se presenta una recopilación de casos documentados de deslizamientos que han sucedido en los últimos 17 años y su comparación con el Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas, tras su publicación en enero de 2015 (primera versión), donde se ha observado que una gran mayoría de casos tienen buena correlación con las zonas de Alta y Muy Alta susceptibilidad; sin embargo, también se han documentado casos en los que la correlación no es del todo concordante con el mapa. Este ejercicio tiene como propósito aclarar las dudas sobre los alcances y/o limitaciones de dicho mapa para su uso como herramienta en la Gestión Integral del Riesgo de Desastres.

SE06-9

CREACIÓN DE UN CENTRO ESTATAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Y GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO

Palomo Euán Aarón Ricardo
Protección Civil de Yucatán
apalomoe@gmail.com

El objetivo de la presentación es mostrar la Creación de un Centro Estatal de Prevención de Desastres y Gestión Integral de Riesgo con tecnología de punta para captación, análisis y valoración de datos para toma de acciones preventivas

o inmediatas de las autoridades encargadas de la reducción de las afectaciones a la población y sistemas expuestos en general. El proyecto que se presenta se destina a toda dependencia del gobierno federal, estatal y municipal encargada de prevención y reacción ante los peligros de origen natural y/o antropogénicos en una entidad determinada. El Centro Estatal de Prevención de Desastres y Gestión Integral de Riesgos, es una área definida con los recursos humanos y equipamiento requerido para que confluya toda la información proporcionada por autoridades y población inherentes a cualquier acontecimiento emergente y/o histórico que por su naturaleza implique Riesgo a la población; procediendo a procesar dicha información en un sistema simulador básico de afectación por fenómenos naturales y antropogénicos en base a su Atlas de Riesgos, así como sus consecuentes actualizaciones o adiciones, dando como resultado las acciones recomendadas e información relevante que coadyuvare en la toma de decisiones del personal calificado. La información para el funcionamiento del CEPREDEGIR será obtenida por diferentes fuentes de datos, donde se utilizará la información obtenida de los Atlas de Riesgos, así como de información proporcionada por las Autoridades de diferentes dependencias ligadas al tema, así como, por información que se deriven de los reportes ciudadanos obtenidos por medio de diferentes fuentes como las redes sociales y una APP (Aplicación Móvil para Teléfonos Celulares Inteligentes creada exprofeso para esta labor.

SE06-10

LAS ZONAS PROPENSAS A INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE NEZAHUALCOYOTL, SUS FACTORES Y EL RIESGO

Crabera Hermosillo Francisco A.
Protección Civil del Municipio de Nezahualcoyotl
asi_cabrera@yahoo.com.mx

En ciudad Nezahualcoyotl, territorio que anteriormente fue parte del lago de Texcoco, cada año se registran lluvias intensas afectando parte importante de nuestra extensión territorial en lo que tiene que ver con domicilios e infraestructura vial, afectando en el tránsito de peatones y vehículos, siendo en el interior de los domicilios las áreas vulnerables en mayor grado, pues son las cisternas de agua potable con las que las familias resuelven sus necesidades de higiene personal y del entorno. Todo este factor de vulnerabilidad ha quedado plasmado en el atlas de riesgo del municipio en donde observamos las zonas susceptibles de riesgo de inundación. Ante esta situación ya conocida se manejan monitoreos, en el momento en que se desarrolla el fenómeno perturbador (precipitación pluvial) en las zonas vulnerables, para que en coordinación con áreas como la DGSCYT, (Dirección General de Seguridad Ciudadana y Tránsito), ODAPAS (Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento), se realicen los trabajos que a cada uno atañen como el cierre de vialidades, y desvíos de la circulación vehicular; en algunos casos el líquido fluye lentamente, dejando sin problema el lugar a las pocas horas. En los lugares conflictivos personal de operaciones de ODAPAS, retiran el azolve de los pozos, y brigadas de apoyo del DIF, Desarrollo Social, bomberos y protección civil, así como elementos de diferentes áreas de la administración municipal se unen a las labores de limpieza y desalojo del líquido anegado dentro de los domicilios y cisternas, es importante mencionar que en nuestro caso particular, los aspectos como: limpieza de vía pública, abandono de materiales como arena, grava y cascajo, vertido de productos como grasas, en la red de alcantarillado han afectado de forma importante el flujo de aguas negras, provocando el lento desalojo de los encharcamientos y ante lluvias de gran intensidad y duración se provoca el incremento de los tirantes y espejos. El objetivo del presente trabajo es mostrar las buenas prácticas para la reducción de los daños a la población e infraestructura ante la presencia de inundaciones en el Municipio Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México

SE06-11

¿UN LÍMITE DE PLACAS EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC? IMPLICACIONES PARA LA AMENAZA SÍSMICA.

Guzmán Speziale Marco
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
marco@geociencias.unam.mx

Es de todos conocido que los sismos de mayor magnitud ocurren a lo largo de los límites de placas. El límite entre las placas Norte América y Caribe no es la excepción y así han tenido lugar grandes sismos, como el de Guatemala de 1976 (M=7.5), ocurrido sobre la falla Motagua que constituye precisamente el límite entre Norte América y Caribe. Sin embargo, este límite de placas se vuelve difuso en el sureste de México. En trabajos anteriores, varios autores han propuesto que la deformación asociada a este límite es distribuida a lo largo de varios sistemas de fallas en Chiapas: la provincia de Fallas Inversas, la de Fallas Transcurrentes, las grandes fallas de la Depresión Central de Chiapas y la falla Tonalá. Esta última corre sobre el flanco sur del Macizo de Chiapas y paralela a la costa de Chiapas. Todas estas fallas, en mayor o menor medida, son sísmicamente activas. Algunos autores han sugerido que la falla Tonalá continúa hacia el noroeste, adentrándose en el istmo de Tehuantepec, a lo largo de lo que se ha dado en llamar la falla Valle Nacional-Motozintla. La falla Valle Nacional muy probablemente corresponde a la falla Vista Hermosa (VH), una cabalgadura que pone en contacto el terreno Cuicateco con el Maya y además marca el límite del alto topográfico de la sierra

de Juárez con respecto a la planicie costera del golfo. La continuidad geométrica entre la falla Tonalá y la falla Vista Hermosa es evidente en modelos de elevación digital (DEMs). Además, existe sismicidad cortical asociada a la falla Vista Hermosa. La sismicidad no se limita a esta falla: también la hay al este de la misma, en la continuación hacia el noroeste de las grandes fallas de la Depresión Central, aunque no hay evidencia de fallamiento superficial asociado. Algunos de estos eventos han alcanzado magnitudes de alrededor de 7.0, como los sismos de 1937 y 1959. Los mecanismos focales disponibles indican fallamiento inverso, normal y lateral izquierdo, lo que dificulta la interpretación sismotectónica. Aún así, proponemos que la falla Vista Hermosa y toda la sismicidad cortical asociada marcan la continuación hacia el noroccidente del límite entre las placas Norte América y Caribe. Más aún, la similitud entre la geometría de la falla Vista Hermosa (y el relieve asociado) con la orientación del buzamiento de la placa de Cocos subducida nos hacen pensar en una antigua zona de subducción suturada a lo largo de la falla Vista Hermosa. En cualquier caso, es evidente la existencia de sismicidad cortical de magnitudes de hasta 7.0. Esto representa una amenaza sísmica que no se puede descartar, para grandes y medianas ciudades de la zona como Coatzacoalcas, Minatitlán y otras, así como también para toda la infraestructura petrolera y de otra índole, existente y por construir en el futuro en el área.

SE06-12

RÍO NEGRO, LA RADIONOVELA COMO ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN PARA PREVENIR DESASTRES EN LAS COMUNIDADES

Arellano Nasheli
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
nasheliarellano1@gmail.com

En virtud de los estragos geológicos e hidrometeorológicos que dejaron a su paso los ciclones tropicales Ingrid y Manuel en 2013 en el estado de Guerrero, de julio a noviembre de 2015 se realizó trabajo comunitario en las localidades de Tilapa y Paraje Montero del municipio de Malinaltepec, Guerrero, con la finalidad de producir bajo un enfoque participativo la primera radionovela sobre desastres y fenómenos perturbadores en México: Río Negro. La radionovela es una producción de 10 capítulos, con una duración de 14 minutos cada uno que trata las situaciones que enfrentaron los habitantes de las comunidades rurales durante el paso de los ciclones tropicales. Por sus características esta producción ha sido utilizada también con fines didácticos y ha demostrado ser un vehículo de sensibilización pública para la reducción de riesgos en comunidades que habitan en condiciones de alta marginación y vulnerabilidad.

SE06-13

DICTÁMENES DE PELIGROS NATURALES EN LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Brito Herrera Gonzalo Rene
Protección Civil de Campeche
hurvilla@gmail.com

La comprensión del riesgo de desastres se posiciona como una prioridad y estrategias fundamental a nivel local, nacional e internacional para reducir el riesgo de desastre. En este sentido las políticas de Protección Civil en el Estado de Campeche contemplan al Atlas de Riesgos como una herramienta esencial en la identificación de los peligros, la vulnerabilidad y la exposición existente en el territorio campechano. Sustentado en el marco normativo de Protección Civil las consultas a los Atlas de Peligros y Riesgos son encausadas a reducir el riesgo de desastre al formalizarse mediante los Dictámenes de Peligros que las instancias de la administración pública estatal pueden solicitar a las instancias de Protección Civil en el Estado. Estas consultas se han integrado a los procedimientos para la autorización de asentamientos humanos, infraestructura y proyectos de inversión en nuestro Estado, evitando o mitigando los riesgos existentes en cada caso particular. De esta manera el Gobierno del Estado de Campeche contribuye a que paulatinamente se mitiguen riesgos existentes y no se generen nuevos riesgos permitiendo con ello un desarrollo más seguro y de beneficio también para futuras generaciones. El objetivo del presente trabajo es mostrar como se realizan los dictámenes de peligros naturales en la reducción del riesgo de desastres en el estado de Campeche.

SE06-14

ACCIONES DEL PREVENCIÓN COMO POLÍTICA PÚBLICA EN LA ADMINISTRACIÓN 2015-2018 DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ

De la Rosa Camacho Sabas Arturo
Protección Civil de Acapulco
coordinacionpcyb@outlook.com

En materia de Protección Civil, en el Nuevo Acapulco que estamos construyendo, la prevención de riesgos es la base de la cultura de protección civil. En la presente administración, se realizó de manera precisa la actualización georeferenciada del Atlas Municipal de Riesgos Naturales, convirtiendo a este documento en una versión digital sobre una plataforma de Google Maps a la cual se le incorporó

las opciones de habilitar mapas, polígonos, líneas y puntos con información en una base de datos de cada tema desarrollado. Así mismo se ha fortalecido el Sistema de Alerta Hidrometeorológico de Lluvias incorporando las acciones de prevención con la participación de los 3 órdenes de Gobierno, fortaleciendo la coordinación institucional y coadyuvando con la sociedad civil al tener una participación activa a través de Comités Vecinales, además de modernizarse el Centro de Comunicaciones y Monitores Municipal, el cual proporciona información veraz y oportuna acerca de los peligros naturales a los cuales está expuesta la población Acapulqueña, contribuyendo con estas acciones a crear un Sistema Municipal de prevención y reacción inmediata que permita enfrentar de manera eficaz, oportuna y adecuada las eventualidades que se presenten en casos de desastres naturales. El objetivo de este trabajo es presentar las acciones de tipo preventivo para la reducción del riesgo de desastre en la administración 2015-2018 del Municipio de Acapulco de Juárez.

SE06-15

ACCIONES DE PROTECCIÓN CIVIL EN CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO

González Esparza Juan Américo, De la Luz Víctor, Corona-Romero Pedro, Mejía Ambríz Julio, González Luis Xavier, Sergeeva María y Aguilar Rodríguez Ernesto
Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM
americo@igeofisica.unam.mx

En junio de 2014 se modificó la Ley General de Protección Civil para incluir los fenómenos astronómicos. Estos fenómenos incluyen la caída de objetos cercanos (NEOS) y manifestaciones de actividad solar y sus tormentas geomagnéticas asociadas. El clima espacial se refiere al estudio y vigilancia de las tormentas solares, su propagación en el medio interplanetario y sus efectos sobre el entorno espacial de la Tierra. Las tormentas solares pueden producir severas afectaciones a sistemas tecnológicos fundamentales (satélites, sistemas de posicionamiento global, interrupción de telecomunicaciones, bloque de radiocomunicaciones y daños en la generación y distribución de la energía eléctrica). Por este potencial de daño a la infraestructura y economía global, varios países han incorporado a los fenómenos de clima espacial en sus registros de amenazas a la seguridad nacional y han desarrollado estrategias para incrementar la resiliencia ante tales fenómenos naturales. En octubre de 2015 se estableció el grupo de trabajo "Clima Espacial en México" convocado por Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Agencia Espacial Mexicana (AEM) y el Servicio de Clima Espacial del Instituto de Geofísica de la UNAM (SCIESMEX). En este grupo participan representantes de agencias gubernamentales y militares con el objetivo de desarrollar protocolos y acciones de protección civil para incrementar la resiliencia del país ante los efectos de estos fenómenos naturales. En esta plática se reportan los avances y los retos del grupo de trabajo para establecer una estrategia nacional de clima espacial.

SE06-16

LA COMUNICACIÓN DEL PELIGRO VOLCÁNICO EN MÉXICO: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

Nieto-Torres Amiel, Estrada Cabrera Cynthia Paola, Espinosa-Pereña Ramón, Rojas-Vázquez Maricela y Angeles Novelo Ismael
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
anieto@cenapred.unam.mx

Una de las principales estrategias para la reducción del riesgo volcánico consiste en realizar campañas permanentes de difusión dirigidas a la población que se encuentra a los alrededores de los volcanes en México, con la finalidad de que conozcan cuáles son las amenazas a las que está expuesta e identifiquen las medidas de autoprotección. Por esta razón, desde 2013 el Centro Nacional de Prevención de Desastres se ha dado a la tarea de elaborar una serie de infografías en las que se da a conocer a la población los peligros asociados a la actividad volcánica. Hasta el día de hoy se ha elaborado un total de 15 infografías en las que se expone, de forma sencilla y gráfica, cada uno de los peligros asociados a los volcanes, así como los efectos que las cenizas volcánicas pueden tener en la salud de las personas. Además, se han socializado los mapas de peligros del volcán de Colima y Popocatepetl, con un lenguaje muy sencillo y breve, que facilitan el entendimiento y comprensión de las medidas de prevención señaladas por las autoridades. Para estos mapas de peligros se publicaron una serie de 3 y 6 infografías respectivamente, en las que se detallan de manera precisa los distintos escenarios de peligros de acuerdo al nivel de actividad en cada uno de estos volcanes. Como parte de esta estrategia de comunicación, el CENAPRED distribuye estas infografías entre las comunidades que se encuentran cerca de las distintas zonas volcánicas del país, principalmente, pero también están disponibles para todo el público interesado en el área de publicaciones del Centro. Así mismo, es posible obtenerlas en formato electrónico a través del portal www.gob.mx/cenapred. Estos materiales también forman parte de la estrategia de comunicación digital, ya que es posible seccionarlos para enviar mensajes puntuales, y de acuerdo al estado que guarden los volcanes, a través de las redes sociales de la Coordinación Nacional de Protección Civil, en twitter y Facebook. Estos materiales han sido utilizados durante distintos episodios volcánicos y permitieron mantener informada a la población durante la erupción del 2015 en el volcán de Colima.

SE06-17

LOS RIESGOS GEOLÓGICOS CON ENFOQUE EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Sandoval Mario, Güereca Pérez Luis Antonio, Gutiérrez Leyva Josué y Guerrero Razo Alejandro
Protección Civil de Guanajuato
msandoval@guanajuato.gob.mx

En el estado de Guanajuato están presentes dos provincias fisiográficas, principalmente, la denominada Mesa Central en la porción norte y el Eje Neovolcánico en la porción sur, ambas caracterizadas por la coexistencia de una gran variedad geomorfológicas, que se caracterizan por extensas llanuras e importantes sistemas montañosos, lo cual genera, de manera importante la presencia de un factor de peligro, aunado al constante crecimiento poblacional, el cual requiere de áreas de terreno para cubrir las necesidades habitacionales, de infraestructura pública y privada, y de modificación del entorno, lo cual conlleva a reclasificar el uso de suelo, en ocasiones de manera arbitraria, cuyo resultado es la construcción del riesgo de manera exponencial. Derivado de lo anterior, es importante la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos asociados al comportamiento a la corteza terrestre, tal es el caso de los movimientos gravitacionales de una masa de materiales pétreos pendiente debajo de una superficie de falla, los cuales son acelerados por factores como el intemperismo, la actividad sísmica, las discontinuidades, presencia e influencia de presión de agua en el poro, entre otros, provocando daños y afectaciones a la población, sus bienes, la infraestructura y el entorno, en el presente se muestran caso de estudio ubicados en los siguientes sitios: Cerro del Cazo y Cerro del Toro en el municipio de Acámbaro; Cerro Peña de Xixio y Cerro Corazón de Mario en San Miguel Ixtla en el municipio de Apaseo el Grande; Cerro de la Bufo y Cerro del Meco en el municipio de Salamanca y Cerro El Venadito y Varal en San Diego de la Unión. En el estado de Guanajuato, los amplios valles intermontañosos constituyen la región denominada El Bajío, constituida por sedimentos aluviales y lacustres formados por gravas, arenas y arcillas, tiene una importante vocación agrícola con una sobreexplotación de los mantos acuíferos, los cual, asociado a la presencia de fallas tectónicas, genera una compactación diferencial de los suelos blandos formando fallas producidas por la pérdida de volumen en la disminución del nivel freático, provocando el hundimiento de bloques de terreno y consecuentemente en daños a la población, sus bienes y la infraestructura, así como la posibilidad de contaminación a los mantos freáticos, de igual manera se presente un caso de estudio en el Fraccionamiento Villas de San Cayetano en el municipio de Irapuato. Por lo anterior es de suma importancia el generar la herramienta que incida en la realización e implementación de acciones tendientes a la mitigación de las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades resiliencia de la población, privilegiando los esquemas de prevención.

SE06-18

APLICACIONES TECNOLÓGICAS QUE HAN PERMITIDO LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CONJUNTO DE PRÁCTICAS PARA HACER DE LA CIUDAD DE SALTILLO MAS RESILIENTE

Robles Garza Sergio Alberto
Protección Civil de Saltillo
pcsalttillo@hotmail.es

La ciudad de Saltillo, rodeada por montañas de la Sierra Madre Oriental y situada en una zona peninsular en la cual se han registrado movimientos telúricos, carecía de un Atlas Municipal de Riesgos. Es durante el año 2014 cuando la Administración Municipal crea el IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación Saltillo), el cual es un instrumento y aliado del Ayuntamiento que le brinda soporte y ayuda como centro de investigación con una orientación científica que realiza estudios para la toma de decisiones. En conjunto con ellos, se realizó el Atlas Municipal de Riesgos del Municipio de Saltillo, el cual nos encargamos de mantener actualizado hasta la fecha. Algunas de las formas en que mantenemos actualizado dicho Atlas es la georreferencia de los puntos de riesgo que se detectan cada año durante o al recorrer 180 kilómetros de arroyos que cruzan la ciudad, entregando Notificaciones de Riesgo (1647 en el año 2017) y ubicando a la población con exposición al riesgo (6,200 en el año 2017). Otra más es georreferenciando la información obtenida en visitas de inspección para emitir el Dictamen de Seguridad y Operación (2,412 en el año 2017) y para evaluar edificios y construcciones antiguas que tienen riesgo por daño estructural (178 en el año 2017) Dicho Atlas es una herramienta de gran ayuda, ya que se cuenta con tablets en cada una de las unidades de atención de emergencias del Departamento de Bomberos, ambulancia y camión de Bomberos, así como ambulancias de Cruz Roja y dispositivos móviles para mandos de Bomberos donde al momento de atender una emergencia tienen acceso a la base de datos que puede ser consultada para la toma de decisiones. De igual manera, nos auxilia en la toma de decisiones en los procesos administrativos, ya que, al solicitar el permiso de operación para la instalación de una guardería, una gasolinera, una gasera, etc, es fácil consultar el Atlas y determinar los riesgos aledaños a los que se exponen y de esta manera podemos determinar la factibilidad de que sea aprobado o desaprobado el proyecto, todo apegado a la Reglamentación vigente. Así mismo contamos con la Plataforma Digital, la cual al realizar el ciudadano su trámite nos solicita la georreferencia de su negocio o establecimiento, la cual se

liga al Atlas de Riesgos y de esta manera se alimenta de manera automática el Atlas de Riesgos, proporcionándonos datos precisos tanto del establecimiento como de los propietarios. El objetivo del presente trabajo es presentar las aplicaciones tecnológicas que han permitido la implementación de un conjunto de prácticas que ayudan a establecer estrategias para diferentes planes y organizar técnicas para resolver problemas y obtener resultados de manera rápida y correcta, lo que se traduce en que la Ciudad de Saltillo sea más resiliente.

SE06-19

EFFECTOS DE LAS CENIZAS DEL POPOCATÉPETL EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

Martin Del Pozzo Ana Lillian¹, Nieto-Torres Amiel² y Jaimes-Viera Maria del Carmen³

¹Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
analil@geofisica.unam.mx

El 21 de diciembre de 1994 se produjeron una serie de explosiones en el Popocatepetl, provocando la expulsión de fragmentos de roca y cenizas. Esta actividad se ha mantenido de manera constante hasta la fecha provocando caída de ceniza en las poblaciones cercanas y en las ciudades de México y Puebla pero también en sitios más alejados como Perote, Xalapa, Tehuacán, Iguala, Taxco, Cuernavaca, Toluca, Querétaro y Pachuca. Desde ese entonces, se estableció una red de muestreo de cenizas que actualmente consiste en más de 250 puntos, en los que se han establecido muestreadores portátiles y fijos automatizados. Se han colectado y analizado más de 1,500 muestras de ceniza. Estas muestras, además de proveer información sobre el estado interno del volcán, han sido estudiadas para determinar sus impactos en la salud de la población. Los análisis de granulometría, químicos y de microscopía electrónica han mostrado que las partículas que componen la ceniza tienen hasta 11% de partículas menores a 4 micras, esto es el tamaño promedio de los alvéolos pulmonares de un adulto. Tienen una composición química con un alto contenido de sílice y en ocasiones minerales ferromagnesianos, lo que las hace altamente reactivas al ingresar a las vías respiratorias medias y bajas. Esto representa un alto riesgo de enfermedades respiratorias crónicas a largo plazo, así como irritación de los ojos y piel, y trastornos gastrointestinales. El análisis del efecto de las cenizas en el cuerpo humano ha sido publicado en colaboración con el CENAPRED en una infografía, en la que se da a conocer a la población de manera detallada los efectos que causa la exposición a la ceniza con el fin de mitigar el riesgo volcánico en México.

SE06-20

GUÍA DE CONTENIDO MÍNIMO PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS

Cruz Pliego Miguel Ángel y Zepeda Ramos Oscar
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
miguelangel@cenapred.unam.mx

Con la finalidad de contar con un Atlas Nacional de Riesgos que contenga criterios homogéneos, todos los atlas de riesgos deberá integrar los componentes mínimos que establece el Reglamento de la Ley General de Protección Civil, en su artículo 112, los cuales consisten en un sistema de información geográfica, mapas de peligro, mapas de susceptibilidad para el caso de inestabilidad de laderas, u otro fenómeno cuando así aplique, inventario de bienes expuestos, inventario de vulnerabilidades, mapas de riesgo y escenarios de riesgos. La Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos es un instrumento de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que en el ámbito de sus atribuciones, participen en coordinación con los tres órdenes de gobierno en la materia de protección civil, así como para aquéllos que realicen Atlas de Riesgos, conforme a lo establecido en la Ley General y el Reglamento del Sistema Nacional de Protección Civil, la cual integra información geoespacial de diversas fuentes, y permite la construcción de escenarios través de información georeferida sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo, así como la interacción espacial entre servicios de monitoreo de eventos y el análisis de la exposición. El objetivo de la presentación es brindar a las Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil los elementos mínimos que debe contener un Atlas de Riesgos a partir de la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos así como los conceptos básicos sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo.

SE06-21

PROYECTO “JÓVENES BRIGADISTAS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA”, EN EL ESTADO DE MORELOS

Bermúdez Alarcón Francisco Javier
Protección Civil de Morelos
francisco.bermudez@morelos.gob.mx

De acuerdo a : 1. Ley General de Protección Civil: Artículo 41,42 y 43 Fracción I al VI referente a la cultura de la Protección Civil. 2. Ley de Protección Civil para el Estado de Morelos: Artículo 64 y 66 fracción I al IV referente a la cultura de la Protección civil. 3. Ley General de Educación: Artículo 2 del derecho a recibir

educación. 4. Ley de la Beca Salario del Estado de Morelos: Artículo 34 referente a las actividades comunitarias formativas. es imperante promover a través del Sistema Estatal de Protección Civil Morelos, la creación de brigadistas comunitarios a partir de los estudiantes beneficiados de la beca salario del nivel medio superior y superior en el área de influencia del volcán Popocatepetl y con ello, lograr la cultura de la autoprotección y la replicación de la misma en los sectores vulnerables. Estas acciones se han venido implementando desde el año 2016 en los cinco Municipios de Morelos en donde tiene influencia directa el volcán Popocatepetl, impartiendo capacitación relacionada al Plan Familiar de Protección Civil, Semáforo de Alerta Volcánica, Rutas de Evacuación y Refugios Temporales. En la primera etapa se capacitó a 3593 estudiantes de los planteles ubicados en los Municipios en mención, para la segunda etapa en el año 2017 se propone los siguiente: 1. Selección de becarios entre los 17 y 18 años de edad de los planteles educativos en los Municipios de la zona de influencia del volcán Popocatepetl que recibieron capacitación previa en el año 2016 por el Sistema Estatal de Protección Civil Morelos. 2. Capacitación de los seleccionados con el objetivo de ser replicadores en su comunidad. 3. 40 alumnos de cada plantel ya certificados llevarán a cabo las acciones comunitarias del programa beca-salario de jóvenes brigadistas 2017. El objetivo del presente trabajo es presentar las acciones implementadas dentro del Proyecto “Jóvenes brigadistas de participación ciudadana” como buenas prácticas en la Reducción de Riesgo de Desastre en el Estado de Morelos.

SE06-22

CONTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS (CERG) A LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN IZTAPALAPA, CDMX, A UNA DÉCADA DE OPERACIONES

Gutiérrez Calderón Raúl Iván
Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG Iztapalapa
rgutierrezzc@yahoo.com

El Centro de Evaluación de Riesgo Geológico (CERG) ha constituido desde el inicio de sus actividades en octubre de 2007, un esfuerzo conjunto entre la Delegación Iztapalapa de la CDMX y el Laboratorio de Mecánica de Geosistemas del Centro de Geociencias de la UNAM, y es un ejemplo exitoso de colaboración de largo plazo. Durante una década se ha trabajado en la formación de recursos humanos dentro del ámbito de gobierno con capacidades para analizar problemáticas específicas. El Centro nace para responder a la necesidad de conocimiento sobre las condiciones geológicas del territorio de Iztapalapa, donde el 70% de la superficie delegacional es afectado por subsidencia y fracturamiento del subsuelo. La misión del CERG, ha sido utilizar la información del medio geológico y su relación con el entorno urbano y social, para identificar con certidumbre los fenómenos geológicos que pueden afectar la seguridad y calidad de vida de la población de la Delegación Iztapalapa, así como apoyar el diseño de medidas adecuadas para su mitigación actual y futura contribuyendo a asegurar el buen estado de la infraestructura urbana. A diez años de su creación, ha realizado más de 1,200 evaluaciones de riesgo geológico basadas en técnicas geofísicas de alta resolución, y se ha desarrollado una de las cartografías geológicas más detalladas a nivel nacional, que forma parte del Atlas de Riesgos de Iztapalapa, siendo este un instrumento interactivo para la toma de decisiones, con información actualizada al día. El CERG es reconocido como un centro competente que fortalece la Gestión Integral de Riesgos Geológicos en la Delegación Iztapalapa, y que contribuye significativamente a la creación y fortalecimiento de una cultura de la sustentabilidad urbana desde el punto de vista geológico, que trasciende a la propia delegación.

SE06-23

PRODUCTOS Y SERVICIOS DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL Y SU CONTRIBUCIÓN A LA GESTIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

Pérez-Campos Xyoli y Grupo de trabajo del SSN
Instituto de Geofísica, UNAM
xyoli@igeofisica.unam.mx

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene la misión de registrar, almacenar y distribuir datos del movimiento del terreno para informar sobre la sismicidad del país a las autoridades y a la población en general, promover el intercambio de datos y cooperar con otras instituciones de monitoreo e investigación. Para ello, mantiene una red de monitoreo distribuida en todo el territorio nacional. Su registro es continuo y con altos estándares de calidad, satisfaciendo las necesidades de sus usuarios con dos objetivos: 1) distribuir la información de manera oportuna y eficiente de la localización y magnitud de un sismo, y, cuando sea el caso y la cobertura de la red lo permita, proporcionar los parámetros necesarios para que las agencias responsables emitan alertas tempranas o inicien protocolos de protección civil; y 2) archivar y distribuir de manera eficiente a la comunidad, sobre todo a la científica, la información y datos generados. De estos objetivos se desprenden los productos principales generados por el SSN: Reportes de sismicidad; catálogo de sismicidad y bases de datos. También tiene otros productos de divulgación, como lo son publicaciones y videos. Por otro lado, ofrece una variedad de servicios, como lo son la atención a consultas específicas sobre sismicidad; asesorías sobre redes, equipos y software de sismología; talleres y cursos especializados; conferencias y

visitas guiadas a sus instalaciones. En este trabajo presentaremos cada uno de ellos, con sus características principales y resaltando su importancia y contribución a la prevención, la atención y la mitigación del riesgo.

SE06-24

SISTEMAS DE ALERTAMIENTO MASIVO "VOLCANICO, Y TSUNAMIS

López Rivas Trinidad
Protección Civil de Jalisco
trinidad.lopez@jalisco.gob.mx

Con la finalidad de salvaguardar la vida de las personas, ante cualquier evento destructivo de origen natural y derivado de un análisis de riesgos en el Estado de Jalisco, se han implementado los sistemas de alertamiento masivos ante la actividad del volcán de Fuego y el riesgo de Tsunami en las costas del pacífico que derivan principalmente por la interacción de las placas tectónicas. Para lo cual fue necesario realizar el análisis de riesgos y posibles escenarios, con la elaboración de los mapas de peligros volcánico, así como de inundación por tsunami, que dio las bases para el diseño y construcción de los sistemas siendo una parte fundamentales dentro de los programas especiales de protección civil para los presentes riesgos. Los programas especiales contemplan principalmente la identificación de peligros, población expuesta, generalidades de los sistemas de alertamientos, coordinación de las dependencias de los tres órdenes de Gobierno, campañas de difusión, capacitación a la población, simulacros de evacuación, ubicación de refugios temporales, infraestructura estratégica, plan de emergencia, entre otras. El sistema de alertamiento volcánico está ubicado en las localidades aledañas al volcán de fuego, estando conformado por 27 alarmas sonoras, 4 estaciones sísmicas y un centro de control ubicados en la Comandancia Regional de Ciudad Guzmán, además de contar con un observatorio vulcanológico ubicado en el Nevado de Colima a una distancia aproximada de 5 kilómetros del edificio volcánico en línea recta donde se realiza una vigilancia permanente las 24 horas de los 365 días del año por elementos de esta Unidad Estatal. El sistema de alertamiento de Tsunami está ubicado en las localidades costeras de los municipios de Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán, conformado por 27 alarmas sonoras a lo largo de 220 kilómetros, 7 estaciones sísmicas, 4 estaciones mareográficas y un centro de control ubicado en la Comandancia Regional de Cihuatlán. Cabe señalar que nuestra Entidad es vulnerable a la presencia de ciclones tropicales, por lo que el sistema de alertamiento ante Tsunamis dentro de su base de datos cuenta con los mensajes pregrabados en los idiomas español e inglés para alertar ante el impacto de ciclones tropicales. Es importante mencionar que estos sistemas fueron instalados a través de recursos Federales y Estatales mediante el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN).

SE06-25

OMETEPEC, GUERRERO; COMO LABORATORIO DE ESTUDIO GEOLOGICO, PARA LA IMPLEMENTACION DE LA GESTION INTEGRAL DEL RIESGO

Flores Ramírez Miguel Ángel
Protección Civil Ometepec
tummguepc82@gmail.com

Derivado de la alta sismicidad registrada entre los límites de Guerrero y Oaxaca, siendo Ometepec una zona altamente vulnerable con epicentros continuos, deberá volver a ser objeto de estudios científicos por las áreas de Geofísica en nuestro país, para descartar la presencia de una falla geológica importante que se encuentre debajo de este municipio, así como también descartar la posibilidad del nacimiento de un volcán o la activación de uno que estuviese dormido, debido a la reincidencia sísmica, así como la presencia de aguas termales en la zona de epicentral; nuestro municipio ha sido beneficiado con proyectos de CENAPRED en coordinación con el CONACYT y la COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, para el fortalecimiento de una cultura de protección civil, así como para la gestión integral del riesgo por lo cual será pieza fundamental de la aplicación de recursos para el estudio, la planeación y difusión de la información recabada para que la ciudadanía esté preparada en todo momento y la RESILIENCIA sea parte de la formación de las nuevas generaciones Ometepenses.

SE06-26

ALGUNOS ASPECTOS DE LA DINÁMICA DE LA ERUPCIÓN DE DOMOS DE LAVA EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL Y SUS CONSECUENCIAS EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO

De la Cruz-Reyna Servando¹, Gómez-Vázquez Angel² y Mendoza-Rosas Ana Teresa³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra

³Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDI
sdelacruz@gmail.com

El historial de actividad del Popocatepetl incluye fases eruptivas que varían desde episodios efusivos de baja intensidad, como el actual, hasta erupciones Plinianas, la última ocurrida hace unos 1200 años. Desde entonces, el Popocatepetl ha mostrado una actividad moderada. En particular, durante los últimos 500 años se reportan 15 episodios eruptivos, el último iniciado en 1994 y que continúa hasta el presente. El análisis de la erupción actual permite una mayor comprensión del proceso físico que la causa y de la estructura interna en la que se desarrolla. En el episodio actual se ha identificado el emplazamiento y posterior destrucción de al menos 40 domos de lava en el cráter del Popocatepetl hasta 2016. El análisis estadístico de la secuencia de emplazamientos de domos en el Popocatepetl revela aspectos de la dinámica del proceso. En particular la ley de escalamiento exponencial de los volúmenes de los domos implica que los domos cuyo volumen no exceda unos 3 millones de metros cúbicos resultan de un proceso auto-regulado, controlado por el contraste de densidades entre la roca encajonante y el magma causado por su contenido de volátiles y la capacidad del conducto de liberarlos. Sin embargo, los domos que excedan unos 6 millones de metros cúbicos resultan de una condición alterada del balance energético en el conducto magmático. El análisis de ese balance de energía, y su comparación con fases plinianas de erupciones pasadas revela que ese comportamiento está principalmente controlado por la geometría del conducto magmático y por la tasa de ascenso del magma en ese conducto. Las dimensiones más probables del conducto magmático superior del Popocatepetl resultan ser de 5000 m de alto y 20 a 22 m de radio promedio. Con esa geometría, una condición de inestabilidad que conduzca a una fase pliniana puede generarse si la velocidad de ascenso por el conducto excede unos 70 m/h.

SE06-27

DESASTRE OCURRIDO EL 6 DE AGOSTO DE 2016, REMANENTES DE LA TORMENTA TROPICAL EARL

Juárez López José de Jesús
Protección Civil de Huachinango
b215delicias@hotmail.com

Desde hace más de una década, en el Municipio de Huachinango no se había presentado un evento de mayor relevancia que el que se presentó durante el mes de agosto del año 2016, el cual ocasiono, diversas situaciones de emergencia debido a los remanentes que dejó a su paso la Tormenta Tropical EARL. Esto provocó que las acciones de respuesta de esta Unidad fueran rebasadas, ya que en distintas partes del territorio municipal hubo afectaciones de diversa índole, este evento ocasionó más de un centenar de derrumbes y deslizamientos, los cuales provocaron el cierre de la carretera federal y parte de la autopista, caída de árboles, postes, cables de energía eléctrica y telefonía, inundaciones, derrumbe de casas, daños en caminos, afectación en terrenos de agricultura, daños en la red de agua potable y drenaje. Lamentablemente perdieron la vida en este evento 31 personas y una está en calidad de desaparecida. La mayor afectación se presentó en la comunidad de Xaltepec, lugar donde al menos 41 casas fueron arrasadas por los efectos de un deslizamiento y flujo, esta situación ocasiono que la comunidad de Papatlátla sufriera inundaciones y pérdida de viviendas. Dentro de la cabecera municipal también existió ocurrencia de deslaves y flujos, los cuales provocaron que varias casas quedaran sepultadas por piedra y lodo, además de que otras sufrieran afectaciones por inundaciones, caída de bardas, deslizamiento de terreno, lo cual afectó la estabilidad de cientos de casas, colocándolas en situación de riesgo.

SE06-28

VULNERABILIDAD SOCIAL MUNICIPAL; APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL CENAPRED

Ruiz Ortiz Pablo Alejandro
Protección Civil de Veracruz
spcverdgr@gmail.com

La ponencia versa sobre la aplicación metodológica propuesta por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), para obtener el grado de Vulnerabilidad Social Asociado a Desastres, desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa; la cual tiene como objetivo, identificar las características de la población susceptible de sufrir daño, en su persona o bienes que posea, a consecuencia de algún fenómeno, misma que se está aplicando en el Estado de Veracruz. El grado de vulnerabilidad de individuos, grupos o comunidades, depende de una serie de factores que van desde las características demográficas (individuales y de grupo), socioeconómicas (individuales y de la comunidad), lugar de residencia,

aspectos culturales e ideológicos institucionales, en ese contexto la metodología, en ese contexto la metodología propuesta por el CENAPRED, aplicada en el estado de Veracruz, permite hacer una caracterización, mediante identificadores, desde tres puntos de vista: Socioeconómico: que describe las carencias desde el punto de vista de la población, salud, vivienda, educación, empleo e ingreso, los indicadores se determinan a partir de análisis de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del Consejo Nacional de Salud de Veracruz (SESVER), los resultados de estos análisis son reflejados como indicadores los cuales proporcionarán un parámetro para medir las posibilidades de organización y recuperación después de un desastre. Estos indicadores muestran las debilidades del municipio, y debe servir de guía a los ayuntamientos, para formular su política pública. Capacidad y Respuesta: Los indicadores propuestos por la metodología permite conocer la capacidad de Prevención y Respuesta Municipal, que concierne directamente a las Unidades Municipales de Protección Civil, quienes son los responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia. Percepción Local del Riesgo: Los indicadores que miden la percepción del riesgo del municipio, de definen a partir de un cuestionario que se aplica mediante encuestas a la población del municipio, la percepción del riesgo se refieren al imaginario colectivo que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas, los resultados de estos indicadores permiten, concebir estrategias y planes de prevención en materia de protección civil en forma conjunta, estado y municipio, para ser aplicados a la población en general, de tal manera que se puedan atender las debilidades encontradas. La aplicación de la metodología nos permite generar el grado de Vulnerabilidad Social del Municipio, que se representa como un número entre 0 y 1, más allá de ser un simple valor numérico, este valor representa todos los problemas de la población, que la hace vulnerable a diversas amenazas. La aplicación de la metodología en el Estado de Veracruz se encuentra en proceso para los 212 municipios del estado, a la fecha se tienen 17 municipios, en los que ya se cuenta con la determinación del Grado de Vulnerabilidad Social del Municipio y se tienen avances significativos en la obtención de los indicadores Socioeconómicos y de Capacidad de Respuesta.

SE06-29

IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS DE LA ADMINISTRACIÓN 2016 – 2018 EN CIUDAD JUÁREZ CHIHUAHUA

Matamoros Efrén
Protección Civil Ciudad Juárez
vlo6534@gmail.com

Las acciones en el Municipio de Juárez, en un principio se perfilaron como reactivas a los desastres, situación que ha evolucionado hacia el carácter preventivo, en la medida que se han experimentado planes y programas de fortalecimiento institucional, en la misma proporción en las que se han derivado recursos técnicos y financieros por los distintos órdenes de gobierno, mitigando así los efectos propios de la naturaleza. A pesar de que los esfuerzos y avances obtenidos en los últimos años, como consecuencia e implementación de Planes Sectoriales y la elaboración del Atlas de Riesgo Naturales y antropogénico como herramienta fundamental para el desarrollo de estrategias, planes, programas, y obras de infraestructura, aún continúan registrándose con cierta frecuencia, pérdidas de vidas y daños al patrimonio de la población, lo que indica la necesidad no solo de continuar ampliando los esfuerzos, sino también de mantener un diagnóstico actualizado de los peligros, riesgos o amenazas ante la fuerte dinámica urbana y las actividades productivas cada vez más complejas que se dan en el Municipio de Juárez, por lo que es importante mantener una planificación urbana adecuada, que pueda reducir significativamente los daños que producen los eventos naturales. Así como las emergencias o incidencias de índole antropogénico, a partir de la última década se han registrado severos daños a la población, principalmente por la presencia de lluvias extraordinarias, vinculadas directamente al uso de suelo. Problemas importantes como la falla de infraestructura para el control de aguas pluviales aunado a las condiciones de marginalidad, ha generado que la población enfrente de manera constante daños a su patrimonio y su persona. Desde el punto de vista geológico se han conjugado las lluvias extraordinarias y la constitución del suelo, provocando efectos de remoción de masas y deslizamientos en laderas localizadas en cerros y lomeríos, principalmente en la zona de la ciudad, aledaña a la sierra de Juárez, donde se encuentra el mayor número de población marginada.

SE06-30

EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE CLIMA ESPACIAL

De la Luz Victor¹, González Esparza Juan Américo² y Castellán Pescina José Gilberto³

¹Conacyt - Servicio de Clima Espacial México / Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
vdelaluz@igeofisica.unam.mx

Reformas a la Ley de Protección Civil en México catalogan al Clima Espacial (Tormentas Geomagnéticas) como un fenómeno natural que puede desencadenar un desastre natural en nuestro país. Como parte de sus funciones, el Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX) cuenta con el Sistema de Alerta Temprana de Clima Espacial (SATCE). El objetivo del sistema es contextualizar al territorio

mexicano las alertas provenientes del Space Weather Prediction Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration (SWPC/NOAA) miembro de la International Space Environment Services (ISES) y de la cual el SCIESMEX es oficialmente reconocido como Regional Warning Center (RWC) del ISES. Dentro del sistema, el SCIESMEX definirá una serie de recomendaciones enfocadas al establecimiento de un semáforo de Clima Espacial para México manejado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). En este trabajo presentamos un resumen sobre los riesgos asociados al clima espacial a nuestras latitudes, los registros de perturbaciones de clima espacial observados en el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) y los avances en el desarrollo del SATCE como herramienta de comunicación hacia las agencias federales y al público en general.

SE06-31

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE RIESGOS Y DESASTRES EN MÉXICO

Fernández-Eguarte Agustín, Castellán-Hernández Carolina, Bautista-Durán Ángel Valentín, Romero-Centeno Rosario y Zavala-Hidalgo Jorge
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
agustin@unam.mx

La información sobre prevención de riesgos naturales y antropogénicos producto de la investigación científica, disponible mediante el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED) y los atlas estatales y municipales de riesgos, así como en el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y las unidades estatales y municipales de protección civil, solamente incidirá en la reducción de desastres si el conjunto de dicha información evalúa o cuantifica el territorio expuesto a desastres, se homologa, incorpora aspectos de vulnerabilidad y es evaluada por los especialistas académicos que estudian y modelan los fenómenos naturales y antropogénicos. Al mismo tiempo se hace necesario generar mecanismos que permitan avanzar en la apropiación del conocimiento científico sobre riesgos y desastres por parte de la sociedad en su conjunto, por lo que cobra especial relevancia la comunicación entre los científicos y los pobladores de cada una de las más de 300 mil localidades rurales, semiurbanas y urbanas del país, así como con los tomadores de decisiones tanto públicos como privados, para promover de manera coordinada y conjunta la cultura de la prevención. La alta vulnerabilidad del territorio nacional ante fenómenos naturales, principalmente hidrometeorológicos y geológicos, hace imprescindible e inaplazable la consolidación de los esfuerzos preventivos en la gestión de reducción de riesgos de desastres mediante un sistema que integre y explique en forma accesible la mayor cantidad de información. Para ello se debe partir del contexto local y ampliarse hacia lo regional y lo global incorporando el peligro, las amenazas, la exposición, la vulnerabilidad y las posibles consecuencias del impacto de uno o más eventos extremos. Se presentan los avances de un sistema que permite la incorporación de la descripción de los riesgos y su visualización en infogramas y mapas. El sistema es actualizable, interoperable, gratuito e interactivo en Internet. Se muestra el caso de la cuantificación de la exposición a los impactos de ciclones tropicales en las costas y en cada una de las comunidades del país.

SE06-32

HERRAMIENTAS DEL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED) PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS

Valdés González Carlos Miguel^{1,2} y Zepeda Ramos Oscar¹

¹Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cvaldesg@cenapred.unam.mx

México es un país hidrometeorológicamente, volcánicamente y sísmicamente activo, esto aunado a una población de más de 127.5 Millones de mexicanos y mexicanas, quienes en un 78 % habitan en zonas urbanas, de las cuales hay, por ejemplo, 46 ciudades con población mayor a los 350 Mil habitantes, y una diversidad cultural muy amplia mostrada, por ejemplo, por 68 Lenguas Indígenas Nacionales (LIN). Los impactos económicos anuales de los desastres en México, han venido disminuyendo de: 92, 45, 16, 57, 32, 17, 13 en miles de Millones de pesos (precios constantes) del año 2010 a 2016, respectivamente. Estas cifras, principalmente relacionadas a desastres de origen hidrometeorológico. Para afrontar los retos que plantea la Gestión Integral de Riesgos, es necesario contar con herramientas que permitan analizar los bienes expuestos, por ejemplo: el número de personas (por género, menores de 12 años y mayores de 65 años) y la infraestructura (viviendas, centros de salud, bancos, hoteles, gasolineras, aeropuertos, lenguas indígenas, etc). El CENAPRED, ha desarrollado el Atlas Nacional de Riesgos (ANR), que es una plataforma digital, que constantemente actualiza información de fenómenos geológicos como sismos (Servicio Sismológico Nacional), fenómenos hidrometeorológicos (Servicio Meteorológico Nacional), y fenómenos antropogénicos, que permiten tomar decisiones y acciones en situaciones de emergencia, pero más aun facilitando análisis con carácter preventivo y generando escenarios. La necesidad de capacitar a más personas en la prevención de desastres, es motivo para que la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC), estableciera el curso de "Técnico Básico en Gestión Integral de Riesgos (TBGIR)", con la modalidad en línea, permitiendo una gran cobertura geográfica. El TBGIR, consta de 33 materias, que requieren 462 horas de estudio. El curso inició hace 2.5 años durante los cuales

se han inscrito más de 20 mil personas. Esto facilitará la unificación del conocimiento en materia de la Gestión Integral de Riesgos (GIR). Hay estudiantes en todas las entidades federativas, pero a nivel municipal, solo en el 42% de ellos hay al menos un estudiante. La difusión de la cultura de Protección Civil, es fundamental para transmitir el conocimiento sobre fenómenos y las recomendaciones a seguir para evitar situaciones de emergencia. Por esta razón se han diseñado "Infografías" sobre 60 fenómenos, como son sismos, erupciones volcánicas, ciclones tropicales, eventos masivos, etc. Estos documentos pueden ser segmentados, para ser usados y difundidos en redes sociales. También algunos de ellos han sido traducidos a alguna LIN, para su difusión. Con estas herramientas el CENAPRED pretende involucrar a la sociedad, autoridades y tomadores de decisiones en la Gestión Integral de Riesgos, para de esta manera crear un México prevenido y seguro.

SE06-33 CARTEL

ALERTAMIENTO POR LLUVIAS CON BASE EN PERIODOS DE RETORNO

Monroy Cruz Viridiana, Eslava Morales Héctor, Jiménez Espinosa Martín y Cordero Devesa Diana Arlette
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
vmonroyc@cenapred.unam.mx

El alertamiento por lluvias que se realiza en el país, toma en cuenta únicamente la cantidad de lluvia de pronóstico, sin importar la región de la que se esté hablando. Se ha observado que en algunas regiones la lluvia que podría parecer alarmante no lo es y, sin embargo, tenemos regiones en donde una lluvia aparentemente pequeña, si es relevante. Se propone hacer un cambio en estos alertamientos a través de un semáforo de colores, que contemple el periodo de retorno de la lluvia de pronóstico en la región; para este propósito se seleccionaron ciudades con problemas de inundación, propuestas por la Comisión Nacional de Aguas. A varias de ellas que no tenían obras de protección, como presas, se le identificaron las cuencas que aportan escurrimientos hacia estas ciudades. A partir de los modelos de pronóstico de lluvias se podrá estimar la precipitación media en cada una de ellas, con el fin de calcular sus periodos de retorno y saber si son eventos peligrosos. Lo anterior se puede generalizar para todo el país, convirtiendo los pronósticos de lluvia, normalmente en mm, a un mapa de periodos de retorno de lluvia, cuya unidad son años. En este trabajo se está haciendo uso del programa Visualizador de Escenarios de Lluvia (VELL), el cual presenta los resultados del análisis de precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno.

SE06-34 CARTEL

ALERTAMIENTO POR INESTABILIDAD DE LADERAS A NIVEL MUNICIPAL CON BASE EN INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA, LLUVIA ANTECEDENTE Y PRONÓSTICO DE LLUVIAS

Jiménez Espinosa Martín, Gutiérrez Martínez Carlos A., Eslava Morales Héctor, Domínguez-Morales Leobardo y Monroy Cruz Viridiana
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
mje@cenapred.unam.mx

De acuerdo con un registro de casos de inestabilidad de laderas en México, documentados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de 1999 a 2013, más del 85% de eventos han sido detonados por lluvias intensas y prolongadas, lo que ha generado que cada año en promedio se pierdan alrededor de 45 vidas, 198 viviendas y daños materiales hasta por 151 millones de pesos (CENAPRED, 2017); con casos puntuales como el de Teziutlán, Puebla, en 1999, donde perecieron 110 personas; La Pintada, Guerrero, en 2013, con 79 fallecidos y Huachinango, Puebla, con 42 decesos en 2016, se muestra la importancia del fenómeno de inestabilidad de laderas. Las lluvias tienen un efecto dual ya que aumentan el peso de los materiales que componen las laderas o taludes y, según los principios básicos de la mecánica de suelos, disminuyen la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y de las rocas para soportar su peso propio, así como el de las cargas colocadas sobre ellos. Asimismo, se ha observado la experiencia positiva del Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT), que desde 2000 opera la Secretaría de Gobernación. En la infografía sobre Desastres en México: impacto social y económico (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2015), se muestra la reducción de muertes a través de dicho sistema. Y es precisamente en 2013 que existe un pico en el que la inestabilidad de laderas en La Pintada, Guerrero, contribuye con un número importante de decesos, por lo que esta misma experiencia puede ser aprovechada para el caso de inestabilidad de laderas. En este trabajo se presentan las bases para la creación de un Sistema de Alerta Temprana por Inestabilidad de Laderas (SIAT-Laderas), a nivel municipal, con base en información geomorfológica y modelos de pronóstico de lluvias. El objetivo del proyecto será la elaboración de mapas de alertamiento en tiempo real, en un sitio web, ante la posible presencia de condiciones meteorológicas que produzcan valores extremos de precipitación acumulada, de uno a tres días y, que a su vez, incrementen la probabilidad de inestabilidad en laderas. Esta información resulta de vital importancia para que el Sistema nacional de Protección Civil (SINAPROC) pueda alertar a la población mediante boletines y avisos a través de las Unidades de Protección Civil de las entidades federativas y de los municipios.

SE06-35 CARTEL

ÍNDICE DE PELIGRO POR PRESENCIA DE CICLONES TROPICALES EN MÉXICO A NIVEL MUNICIPAL

Baeza Ramírez Carlos y Jiménez Espinosa Martín
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
cbaeza@cenapred.unam.mx

Los ciclones tropicales son, sin duda, uno de los fenómenos hidrometeorológicos que más llama la atención debido a las grandes extensiones que pueden abarcar, así como por su recurrencia anual, por lo que pueden generar beneficios o afectaciones. En el presente trabajo se determinó el índice de peligro para los municipios del territorio nacional, de carácter cualitativo, lo cual permite determinar zonas más propensas a ser impactadas por dichos meteoros, según la intensidad de sus vientos: depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes de categoría 1 a 5 en la escala de huracanes Saffir-Simpson, para lo cual se utilizó la base de datos del Centro Nacional de Huracanes de Miami de los E.U.A, de 1949 a 2015. Dicho periodo fue seleccionado para hacerlo común para los dos océanos Pacífico (zona noreste) y Atlántico. En este periodo se toman en cuenta huracanes como Patricia, de 2015, Odile, de 2014 y Manuel e Ingrid, de 2013. Con ayuda de la base de datos se determinaron trayectorias y se realizó el conteo de éstas en cada municipio del país, para determinar su frecuencia e intensidad. Es posible estimar también probabilidades de ocurrencia para hacer análisis de riesgo, por ejemplo, para uno de sus efectos más destructivos, la marea de tormenta y así estimar el valor esperado de los daños por este fenómeno. Adicionalmente, se determinó un índice de riesgo por presencia de ciclones tropicales para cada uno de los municipios, utilizando el índice de vulnerabilidad social del CENAPRED y la densidad de población de cada municipio. El producto final son dos mapas a nivel municipal de los índices de peligro y riesgo. Este último mapa resulta diferente al de peligro, porque toma en cuenta a la exposición de la población y sus bienes, de una manera cualitativa.

SE06-36 CARTEL

BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Alvarado López Carlos
Protección Civil de Aguascalientes
carlos.alvaradol@aguascalientes.gob.mx

El objetivo del trabajo es mostrar las acciones estructurales y no estructurales en la Gestión Integral del Riesgo, las cuales han sido implementadas por la Coordinación Estatal de Protección Civil de Aguascalientes para mitigar los daños ante presencia de lluvias extraordinarias, lo que ha evitado que al finalizar la temporada de lluvias se tengan muy bajas afectaciones en viviendas, cultivos, ganado, industria, etc., que a su vez se traduce históricamente en un bajo índice de declaratorias de desastre en comparación a otras entidades federativas.

SE06-37 CARTEL

GESTIÓN DEL RIESGO, PARA MITIGAR LA PROBLEMÁTICA DE LOS DIFERENTES FENÓMENOS QUE SE PRESENTAN EN LOS VALLES DE MÉXICO, TOLUCA, Y OTRAS PARTES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Ramos Jiménez Esteban
Protección Civil del Estado de México
a.laurat@hotmail.com

La gestión del riesgo se ha venido desarrollando y aplicando ante diversos fenómenos que impactan a ciertos sectores de población que se han asentado en áreas como volcanes activos, zonas minadas, de inundación, lacustres, de fallas, taludes, fracturas, derrumbes, colapsos, etc. Estos problemas deben tratarse con herramientas de las ciencias de la tierra, asociados al conocimiento geológico y científico, conjuntamente con las actuaciones de las autoridades de protección civil y medios de comunicación. Es así que se adoptan programas y estrategias encaminadas a mitigar y reducir la exposición al riesgo y vulnerabilidad de ciertos núcleos de población asentados en zonas con probabilidad alta de ser impactadas. El seguimiento de los fenómenos ocurridos en ciertas localidades, ha conducido a distinguir dos fases que facilitan la gestión del riesgo: continua y de crisis. La fase continua, corresponde a la actuación rutinaria y se prolonga en el tiempo, englobando temas como educación, elaboración y actualización de planes operativos, de atlas de riesgos estatales y municipales, ordenación del territorio; diseño, implementación y mantenimiento de redes de vigilancia y monitoreo; y observación y análisis de los datos recogidos; todo ello a partir del conocimiento del entorno y de las características socio-económicas de la población. Esta es fundamental para la gestión de los fenómenos naturales que pueden causar graves daños sobre núcleos de población expuestos. Para que se ponga en marcha, es necesario que la población y autoridades estén conscientes de los peligros derivados del entorno natural en que viven. Es imprescindible conocer el background geotécnico de la zona, su comportamiento pasado y actual, para diseñar redes de vigilancia y monitoreo y mapas de peligros que, añadiéndoles datos de infraestructura y población, nos permiten determinar el riesgo de cualquier zona

para establecer las bases para la adecuada ordenación del territorio, diseño de estrategias educativas, comunicación y planes de emergencia. La fase de crisis se activa cuando el fenómeno natural muestra una probabilidad alta de ocurrencia y que por tanto es necesario dar una respuesta eficiente que reduzca el impacto final de dicho fenómeno. Esta fase de crisis de la gestión del riesgo es donde se aborda de forma inmediata la posibilidad de ocurrencia del fenómeno en un corto intervalo de tiempo, actualizando todos los mecanismos diseñados con anterioridad. Cuando la red de vigilancia y monitoreo detecta alguna variación en los datos, lo primero que se hace es verificar que sean correlacionables con otros parámetros de medición, lo que podría indicar el inicio de la fase de crisis, la cual requiere un nivel más crítico y delicado en la gestión del riesgo. En primer lugar, debe potenciarse la red de vigilancia y poner en marcha otras campañas de investigación para verificar qué cambios ha sufrido el sistema que se vigila; para conjuntamente con los responsables de protección civil, iniciar la revisión de los planes operativos y de emergencia, actualizando la información de población e infraestructura y todos los medios disponibles para desplazar a la población hasta los refugios temporales en caso de ser necesario.

SE06-38 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN Y TENDENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN CUATRO CIUDADES DEL ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO

Monreal Manzano Laura Aideé¹, Martínez Avalos Francisco¹,
Rodríguez Gutiérrez Luis² y Mendoza Hernández Juana María²

¹Protección Civil de Coahuila

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
dculturapc@gmail.com

El objetivo de este trabajo es evaluar la tendencia y variación de las temperaturas máximas y mínimas extremas registradas en las cuatro ciudades (Torreón, Saltillo, Monclova y Piedras Negras) mas pobladas del Estado de Coahuila, México, con registros históricos que van desde, 1971 a 2012 en el caso de Torreón, de 1980 a 2013 de Saltillo, de 1982 al 2012 de Monclova y de 1982 a 2013, Piedras Negras. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede concluir que el 81.3% de los 96 meses analizados, en la tendencia de las temperaturas máximas y mínimas extremas presentan incremento, 15.6% presentan decremento y 3.1 % se muestran sin cambios significativos. Al analizar con mayor detalle los datos de temperaturas máximas extremas, en estas ciudades, para los meses de Enero a Diciembre, con el coeficiente de variación, se observaron pequeñas variaciones en casi todos los valores de temperatura, sin embargo la variación de las temperaturas fue más alta para las temperaturas mínimas extremas. En el análisis de la tendencia de las temperaturas máximas y mínimas extremas, se utilizaron líneas de correlación solo para describir la tendencia de los datos y con las temperaturas máximas extremas, observamos en Torreón y Piedras Negras, una tendencia a incrementarse en los registros históricos de Enero a Diciembre, en Saltillo solo en el mes de Septiembre se observa una tendencia a decrecer, esta misma tendencia se observa para los meses de Julio, Agosto y Septiembre en Monclova. En la tendencia de las temperaturas mínimas extremas, observamos un incremento en los meses de Enero a Diciembre en Torreón y podemos ver una tendencia a decrecer en Febrero y Diciembre en Monclova y esta misma tendencia podemos ver en Octubre en Piedras Negras y en los meses de Enero, Mayo, Junio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre en Saltillo. Con estos resultados una de las conclusiones mas importantes es la clara tendencia de las temperaturas máximas y mínimas extremas a incrementarse, en las ciudades citadas y observamos un cambio en las condiciones climáticas que han estado ocurriendo al menos durante las ultimas tres décadas. Estos resultados nos permitirán, fortalecer los programas preventivos relacionados con el golpe de calor en el verano y con las afectaciones por hipotermia en el invierno.

SE06-39 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO WRF CON UNA PARAMETRIZACIÓN OPERACIONALMENTE EFICIENTE EN LA SIMULACIÓN DE TRAYECTORIAS DE CICLONES TROPICALES Y SU USO PARA EL ALERTAMIENTO TEMPRANO

Meza Landero Hiram Abif y Hernández Angel Aldair Felipe
Protección Civil de Puebla
rdherreraac@hotmail.com

El objetivo principal del presente trabajo se centra en el uso de herramientas científicas aplicadas a la operatividad en materia de prevención de desastres. El uso de modelos de predicción numérica cada vez se ha hecho más común en el estudio científico y operativo de fenómenos meteorológicos. Los modelos de predicción numérica son complejas herramientas computacionales que mediante algoritmos integran las ecuaciones que gobiernan la atmósfera; estos constituyen la mejor herramienta que los pronosticadores poseen hoy en día. El presente trabajo busca mostrar como estas herramientas pueden ser útiles para el alertamiento temprano ante la potencial llegada de Ciclones Tropicales durante los meses de mayo a noviembre a lo largo de las costas del país, para los cuales es de vital importancia determinar su trayectoria, intensidad y zona de impacto. Con la

metodología anteriormente mencionada puede alertarse a la población con al menos tres días de anticipación, además de movilizar a los cuerpos de emergencia, enviar víveres y habilitar refugios temporales con todos los insumos necesarios para dar la debida atención a la población que lo requiera.

SE06-40 CARTEL

EL PELIGRO GEOLÓGICO PASIVO Y LA NECESIDAD DEL ASENTAMIENTO URBANO COMO DETONANTE

Durand Maya Rafael
Protección Civil de Guerrero
spcdgsyngro@gmail.com

URBANO COMO DETONANTE La demanda de nuevos espacios para el desarrollo de nuevas viviendas van en incremento, a su vez los espacios ya ocupados están en situaciones de riesgo geológico e hidrometeorológico y que año tras año con estos fenómenos se han ido develando. Los fenómenos Ingrid y Manuel nos mostraron aquellas poblaciones que están en un riesgo latente. A partir de entonces se exige para la construcción y/o modificación de vivienda y cambio en el uso de suelo un dictamen de "No riesgo". Este "candado" ha limitado en mucho los espacios para nuevos desarrollos de viviendas, debido a que las condiciones geomorfológicas estrictamente no permitirían la construcción en zonas de laderas con pendientes mayores a 30 grados propensas a deslizamientos, sin embargo existe la presión social de ejidatarios y propietarios que quieren lotificar terrenos para vivienda en éstas zonas. La situación de riesgo también es para las construcciones existentes que están asentadas en laderas y que después de los fenómenos Ingrid y Manuel sufrieron afectaciones en su capacidad de carga natural, misma que se ve disminuida por estos fenómenos y por modificaciones inconscientes al talud de la ladera y por ende el riesgo por deslizamiento es muy alto. Para ejemplificar esto podemos mencionar algunos casos, el más reciente en la colonia Héroes de Guerrero en la Ciudad de Chilpancingo, la cual está asentada sobre la ladera de una barranca, En diez años la colonia se densificó y los cortes a la ladera fueron en aumento, aunado a esto se edificaron algunas construcciones (tres niveles) que por su peso no son aptas para el terreno lo que provocó que el terreno fuera cediendo lentamente al deslizamiento y las lluvias aceleraron este proceso, ocasionando pérdida total en 3 viviendas, pérdida parcial en 7 viviendas y 11 en alto riesgo por desplome, también la calle principal se consideró con daños totales. El incremento ante la demanda de nuevos espacios para vivienda será cada vez mayor, la necesidad de cumplir estas demandas debe ser responsabilidad de todos los entes de Gobierno. No se debe olvidar que los asentamiento humanos del estado de Guerrero están asentados en lugares cuyo suelo en un 37% es altamente susceptible a inestabilidad de laderas, pero este porcentaje es más crítico si se hace solo para suelos urbanos o suburbanos elevándose a 42 %, valores que podrán incrementarse significativamente para las dos próximas generaciones. El riesgo es el resultado de una amenaza, pero también depende de las opciones que tienen las personas, su comportamiento y su nivel de vulnerabilidad, como resultado del lugar donde viven, por qué viven allí lo que hacen para vivir, así como los mecanismos de apoyo con los que cuentan. El objetivo de este trabajo es presentar la influencia de los asentamientos humanos como un detonante del peligro geológico en el Estado de Guerrero.

SE06-41 CARTEL

CARACTERÍSTICAS E INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE DESERTIFICACIÓN EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ÁMBITO BIOGEOGRÁFICO ÁRIDO SUDCALIFORNIANO, MÉXICO

Z. Flores López María, Schwenicke Tobias, Cortés
Martínez Mara Yadira y Pérez-Venzor José Antonio
Departamento Académico de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Baja California Sur
mariazflores@hotmail.com

Baja California Sur es un estado semidesértico que afronta problemas de desertificación, es decir, la pérdida de suelo fértil por causa de la acción humana y el mal manejo de los recursos. Este fenómeno se presenta principalmente debido a la erosión del suelo, que a su vez se relaciona con la destrucción de la cubierta vegetal, la deforestación y la sobreexplotación de los acuíferos. Se aclara que existe un tipo de erosión natural que es ocasionada por la acción geológica de la Tierra, sin embargo, aquella que se da como resultado de la influencia humana, acelera algunos de estos procesos y desata a su vez otros fenómenos consecuentes. Una de las causas principales de la desertificación en Sudcalifornia es la remoción de la cubierta vegetal, sobre todo de aquella que se sitúa sobre áreas potenciales que proveen de agua y otros recursos naturales. Esta cubierta arbórea protege la superficie terrestre de los altos niveles de escorrentía, y sin ella, el suelo tiende a erosionarse en mayor medida e inhibe el proceso de infiltración de cara a un correcto funcionamiento del ciclo hidrológico en la cuenca. Lo anterior es importante mencionarlo debido a que el caso de estudio analizado, la cuenca de La Paz, presenta en la Sierra El Novillo el sitio con mayor potencial de recarga para el acuífero de La Paz, encargada en buena medida de suministrar agua a la ciudad de La Paz. Ésta cuenca hidrográfica está generando de forma paulatina y con una tendencia creciente, un escenario de riesgo donde las altas tasas erosivas provocan la existencia de una menor captación de agua en el acuífero. Finalmente, ya sea por migración de la población, de los núcleos rurales a las zonas urbanas, abandono de tierras, o por el sobre pastoreo

no estabulado, de forma gradual, se generan procesos que rompen el equilibrio natural de los ecosistemas áridos sudcalifornianos. El fenómeno de la desertificación también se agudiza si se toma en cuenta el escaso nivel de precipitación presente en Baja California Sur, al ser el estado más seco del país. Adicionalmente, de acuerdo con la clasificación de aridez de Martonne, la cuenca de La Paz tiene un índice de 7.81 puntos en este modelo, una cifra que corresponde a un semidesierto, lo cual proporciona un indicativo de que se vive en una zona vulnerable y frágil a nivel climático. Es necesario un ordenamiento territorial que incluya un manejo integral de las cuencas disponibles, en el que se genere y se preserve la cubierta vegetal, además de otros aspectos, como acciones de conservación de suelos, modificación de patrón de cultivos hacia especies nativas o más eficientes a las condiciones climáticas de Baja California Sur.

SE06-42 CARTEL

EL MONITOREO VOLCÁNICO EN EL LABORATORIO DE MONITOREO DE FENÓMENOS NATURALES DEL CENAPRED

Vázquez Espinoza de los Monteros Diana Marisol, Martínez Martínez Dafne Guadalupe, Carlos Avila Pablo, Paniagua Paniagua Felipe, Vidal Amaro Margarita, Alonso Rivera Paulino y Castellán Pescina José Gilberto
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
dmvazquez@cenapred.unam.mx

El Laboratorio de Monitoreo de Fenómenos Naturales (LMFN) es el lugar donde se monitorean diferentes fenómenos perturbadores como los geológicos, hidrometeorológicos y astronómicos, en conjunto con otras instituciones nacionales e internacionales. Una de las actividades principales dentro del LMFN es el monitoreo del volcán Popocatepetl, del cual la instrumentación y generación de alertas se encuentra a cargo del CENAPRED. El volcán Popocatepetl es monitoreado con diferentes técnicas, las principales son: monitoreo visual, sísmico, geoquímico y geodésico. Los datos se adquieren, se procesan y se analizan directamente en el LMFN, con los cuales se generan alertas y la información para la elaboración del reporte diario de la actividad volcánica. Esta información se da a conocer a la población y a las autoridades ante cualquier cambio en la actividad del volcán a través de un semáforo de alerta volcánica. Las ciencias de la tierra son el fundamento para el entendimiento del fenómeno y es la herramienta principal para el análisis de la información generada en el LMFN. Los avances en las mismas impactan directamente en los sistemas de alerta temprana ya que permite el fortalecimiento en el conocimiento del riesgo y beneficia directamente a la población con una mejor toma de decisiones en todos los niveles. En el LMFN el progreso en las ciencias de la tierra han reforzado el entendimiento del fenómeno volcánico, que en conjunto con los avances de la tecnología ha permitido la mejora de los procesos internos y ha generado una evolución en la percepción y mitigación del riesgo en el personal especializado que opera los sistemas las 24hrs por los 365 días del año. Todo esto contribuyendo a la toma de decisiones y a los objetivos del Sistema Nacional de Protección Civil. Es fundamental difundir este conocimiento a todos los sectores involucrados para poder generar una cultura de prevención y saber que hacer antes, durante y después de una eventualidad volcánica para poder mitigar el riesgo asociado.

SE06-43 CARTEL

PLATAFORMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA REDES DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO, COMO APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES DEL PERSONAL DE PROTECCIÓN CIVIL ANTE SITUACIONES DE POSIBLES INUNDACIONES

González Javier y Calderón Jorge
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
jagop@cenapred.unam.mx

Implementación de un programa de Telemetría utilizando una plataforma de desarrollo de sistemas en un entorno de visualización numérico – gráfico (LabView), para la comunicación vía radiofrecuencia con las redes de estaciones de monitoreo hidrometeorológico a nivel cuenca a cargo de las unidades de Protección Civil estatal y municipal de las ciudades de Acapulco, Guerrero; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Monterrey, Nuevo León y Tijuana Baja California, para efectuar el análisis, almacenamiento y distribución de la información, así como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para salvaguardar a la población en los casos de una posible inundación.

SE06-44 CARTEL

SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CON ENFOQUE MULTIPLELIGRO, COMO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

Castellán Pescina José Gilberto, Alonso Rivera Paulino y Martínez Martínez Dafne Guadalupe
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
gilberto@cenapred.unam.mx

Las pérdidas humanas y materiales ocasionadas por los fenómenos naturales representan un alto costo social y económico para el país. En este contexto, una de las metas principales debe ser el fortalecimiento de las acciones de prevención para reducir los riesgos y aminorar sus efectos. El territorio nacional se encuentra sujeto a gran variedad de fenómenos que pueden ser la causa de desastres. Por ser parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, el país es afectado por una fuerte actividad sísmica y volcánica. Dos terceras partes del país tienen un riesgo sísmico significativo, que se debe principalmente a los terremotos que se generan en la Costa del océano Pacífico, en la conjunción de las placas tectónicas de Cocos y de Norteamérica. Del sin número de volcanes que han existido en las distintas épocas geológicas en el territorio, más de una decena de ellos han hecho erupción en tiempos históricos y se consideran activos o representan zonas activas. Adicionalmente, la ubicación del país en una región intertropical, lo hace sujeto a los embates de huracanes que se generan tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico. Los efectos colaterales o de estos fenómenos, concatenan marejadas, fuertes vientos, inundaciones, lluvias extremas y en algunas ocasiones deslizamientos de laderas. En este sentido, el presente trabajo expone desde la perspectiva de la Reducción del Riesgo de Desastres, la estrategia elaborada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres de conjuntar acciones por medio de los sistemas de alerta temprana con enfoque Multipeligro y la prospección de su evolución o adaptación a nuevas condiciones del entorno. Lo anterior tomando en cuenta las directrices de inclusión y soluciones de innovación científica, eficacia tecnológica, organización y capacidad para enfrentar los retos presentes y futuros en este ámbito. Cabe mencionar que se parte de la definición de un Sistema de Alerta Temprana como un conjunto de elementos que interactuando entre sí que proveen información necesaria y oportuna a las autoridades y a la población amenazada por peligros, que les permitirá actuar con tiempo suficiente y de una manera apropiada, para reducir la posibilidad de pérdida de la vida, daño personal, a sus propiedades y al medio ambiente. Se presentará un análisis de las condiciones actuales de los Sistemas de Alerta Temprana o Aviso operantes en México, su influencia sobre infraestructura expuesta, la cobertura poblacional, así como las áreas de oportunidad para ser integradas en un contexto multipeligro. Finalmente, se abordará la prospectiva del papel de las comunicaciones como herramienta útil en las fases de los sistemas de alerta temprana y el conocimiento del riesgo.

SE06-45 CARTEL

ACCIONES ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO EN EL MUNICIPIO DE CUICHAPA, VERACRUZ, COMO HERRAMIENTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

Rosas-Medina Agustín Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
albertico@geofisica.unam.mx

Los Atlas de Riesgos municipales constituyen uno de los instrumentos que el gobierno mexicano ha privilegiado en los últimos años, con la finalidad de apoyar la prevención y reducción de riesgos de desastres, así como el ordenamiento de los asentamientos humanos. El municipio de Cuichapa se localiza en la zona centro del estado de Veracruz en la región de las altas montañas, tiene un área de 3,457 hectáreas y cuenta con 12,238 habitantes. Según el INEGI tiene un índice de marginación medio y de acuerdo al CENAPRED un grado de vulnerabilidad social medio. Por su ubicación geográfica se encuentra expuesto a las inundaciones, deslizamientos de laderas, sismos, transporte por ductos y derrame de sustancias químicas peligrosas. El objetivo del presente trabajo es mostrar las acciones estructurales y no estructurales que se deben de implementar en el Municipio de Cuichapa, Veracruz, para la reducción del riesgo de desastre a partir de un análisis de los fenómenos perturbadores a los que se encuentra expuesto. Además, se expondrá la necesidad de contar con un Atlas de Riesgos Municipal, el cual ante alguna contingencia permita a las autoridades municipales realizar de forma eficiente una evaluación de daños y análisis de las necesidades considerando que es la primera instancia gubernamental responsable en prevenir, gestionar y mitigar los riesgos. Se pretende que dicho trabajo sirva como referencia a otros municipios sobre las buenas prácticas para la reducción del riesgo de desastre.

SE06-46 CARTEL

ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA ZONIFICACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD POR ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CEBORUCO, NAYARIT

Martínez Álvarez Juana, Trejo Gómez Elizabeth, Suárez Plascencia Carlos y Núñez Cornú Francisco Javier
Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVoc
 juanis_malvarez@hotmail.com

El volcán Ceboruco se ubica en 21.125° N y 104.508° W, se ha caracterizado en el pasado por episodios de erupciones efusivo-explosivas. Nelson (1986) identifica la serie de erupciones "Jala", y calculó que en promedio ha ocurrido una erupción cada 125 años, por lo que nuevas erupciones son muy probables. Gardner J. E., Tait S. (2000) dataron las erupciones "Jala" entre los años 990-1020 AD, y la mayoría son del tipo pliniana, así también identificaron otros sitios con evidencias de actividad volcánica anterior, como lo es un abanico de ceniza llamado Marquesado (el más antiguo), al SW del volcán, datado con una edad entre los años 21,075±680/-625 BP. El presente trabajo es estimar los indicadores de la vulnerabilidad en infraestructura vital e indicadores de población de las comunidades aledañas al volcán Ceboruco, en el Estado de Nayarit. Los indicadores se calcularon con la metodología utilizada por Trejo (2014) y las fuentes de información consultadas fueron CENAPRED, CEPAL, CONAPO, INEGI y SEDESOL. El resultado preliminar es la zonificación de la vulnerabilidad en cada microcuenca identificada en la zona de estudio por los peligros reportados por Suárez Plascencia (1998), como son los derrames de lava, caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares.

SE06-47 CARTEL

INSTRUMENTACIÓN APLICADA AL MODELO CONSTRUCTIVO CON MATERIAL DE BAMBÚ, PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN EL FENÓMENO SÍSMICO

López Lena Rubén y Saldívar Rangel Miguel Angel
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
 rlopezlenav@cenapred.unam.mx

Introducción A finales del año 2015 y en el 2016 se realizaron dos investigaciones experimentales para evaluar las características dinámicas, estáticas y el comportamiento sísmico de estructuras compuestas por muros estructurales prefabricados con bambú (muros de corte de madera y bambú) ante vibraciones y cargas laterales representativas de las condiciones más severas que pueden presentarse en las zonas de México donde se planea construir este tipo de edificación, esto con el objetivo de abonar a la gestión integral del riesgo y apoyar a los tomadores de decisiones, para implementar este modelo de construcción en lugares que se vean afectados por fenómenos sísmicos y requieran la pronta construcción de viviendas con los estándares y seguridad necesarios. Para tal fin, se realizaron dos modelos tridimensionales modulares de una casa de dimensiones reales, compuestos por paneles prefabricados de bambú, en ellas se realizaron pruebas de vibración ambiental y pruebas dinámicas de vibración. El bambú tiene propiedades propicias para el empleo de la construcción, además de que es un material ligero, existe una relación directa entre carga y deformación que deberá encontrarse dentro de los parámetros que establecen los códigos de construcción mexicanos. Debido a esto, los experimentos realizados se integran al proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios al realizar este tipo de construcciones ante la ocurrencia de algún fenómeno perturbador, por ejemplo: Sismo, huracán e inundación. Tipo de pruebas:

- Pruebas dinámicas de vibración ambiental que permiten estimar las principales propiedades dinámicas de la estructura y consiste en medir las vibraciones en la estructura, producidas por excitaciones relacionadas con el ambiente que lo rodea.
- Pruebas dinámicas de vibración libre que también permiten estimar las principales propiedades dinámicas de la estructura y consiste en proporcionar al edificio un desplazamiento inicial para luego liberarlo y dejarlo oscilar en vibración libre amortiguada. La casa de bambú es un prototipo de vivienda prefabricada usando los productos de bambulosa y biopanel. Se construyó en las instalaciones que ocupa el Laboratorio de Estructuras Grandes del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) el primer modelo con dos niveles y con un área de 5.27 m x 4.66 m y una altura de 5.35 m. Los equipos empleados en estas pruebas fueron 15 sismógrafos Güralp proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1 Acelerógrafo de Kinematics (Basalto) y la empresa que construyó las casas fue Bambuterra.

SE06-48 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DEL PROTOCOLO DE ACCIONES DEL CENAPRED ANTE UNA CRISIS ERUPTIVA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Castañeda Bastida Elizabeth, Caballero Jiménez Gema Victoria, Hernández Oscoy Ariadna, Gutiérrez Martínez Carlos A., Valdés González Carlos Miguel, Espinasa-Pereña Ramón, Nieto-Torres Amiel, Vázquez Espinoza de los Monteros Diana Marisol, Alonso Rivera Paulino y Castellán Pescina José Gilberto
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
 ecastanedab@cenapred.unam.mx

La Misión del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es salvaguardar en todo momento la vida, los bienes e infraestructura de las y los mexicanos a través de la gestión continua de políticas públicas para la prevención y reducción de riesgos de desastres, por medio de la investigación y el monitoreo de fenómenos perturbadores. Como parte de las estrategias de prevención ante una posible erupción del volcán Popocatepetl, es necesario actualizar el protocolo de acciones por parte de las áreas sustantivas del CENAPRED, y que funcione como una nueva guía para actuar ante una crisis volcánica. Con una visión integral, este plan de acciones actualizado pretende optimizar esfuerzos de las diversas áreas del Centro; como: Investigación, Instrumentación y Cómputo, Análisis y Gestión de Riesgos y Difusión además de la ayuda fundamental del Comité Científico Asesor, ante las actuales condiciones y niveles de demanda que estará en función de la actividad eruptiva. Este protocolo, además incluye acciones para hacer uso de herramientas desarrolladas y/o implementadas por CENAPRED, como son el Atlas Nacional de Riesgos (ANR), el Sistema de Reconocimiento Automático de señales sísmicas asociadas al volcán, e incluso las aplicaciones de alertamiento temprano. Una acción fundamental que se plantea en este protocolo, es la realización de un simulacro ante una erupción del volcán Popocatepetl, con base en los escenarios más probables propuestos en el nuevo mapa de peligros asociado a este volcán. Este protocolo incluye la retroalimentación después de concluir los ejercicios de simulacros, ya que permitirá identificar los aciertos y las áreas de oportunidad para el mejoramiento de la respuesta en el caso de una emergencia volcánica. Si bien la aplicación del protocolo actualizado contribuye a una mejor coordinación del personal técnico involucrado en la atención de la crisis, es necesario recordar que el CENAPRED forma parte a su vez de un Protocolo más amplio en el que interactúan diversos actores de los tres niveles de gobierno, por lo que este plan de acción solo estará enfocado en la operación interna del Centro. Sin embargo estas acciones ayudarán a agilizar la adecuada y oportuna toma de decisiones, lo que se traduce en ayudar a salvaguardar la vida de las y los mexicanos.

SE06-49 CARTEL

ANÁLISIS TOXICOLÓGICO DE LAS CENIZAS DEL VOLCÁN DE COLIMA EMITIDAS EN JULIO DE 2015

Nieto-Torres Amiel, Espinasa-Pereña Ramón, Castañeda Bastida Elizabeth, Ramírez Castillo Adriana y Calva Rodríguez Lilia
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
 anieto@cenapred.unam.mx

El evento eruptivo ocurrido entre los días 10 y 11 de julio de 2015 en el volcán de Colima produjo diversas columnas eruptivas que alcanzaron alturas cercanas a 3 km desde el cráter. Las cenizas emitidas por estos eventos fueron dispersadas por los vientos dominantes en dirección oeste. Además, los flujos piroclásticos asociados a estas erupciones produjeron nubes de cenizas con alturas cercanas a 3 km desde el nivel del suelo de la barranca Montegrande. Estas nubes de ceniza fueron dispersadas por los vientos en dirección oeste, dejando un depósito de ceniza con un espesor de 2 cm en la comunidad de La Yerbabuena y zonas aledañas, y de 1 cm en la comunidad de La Becerrera. Las cenizas fueron perceptibles hasta 45 km de distancia del volcán, incluso en la ciudad de Colima, que se encuentra 33 km al sureste. Se estimó que el volumen de ceniza dispersada fue de 3.78 millones de metros cúbicos. Mediante el método de lixiviación se analizaron, 23 muestras de ceniza de los días 11 a 13 de julio de 2015. Los resultados de estos estudios indican que las concentraciones de lixiviados presentes en la ceniza fueron altas, con valores de hasta 4,557 ppm de SO₄²⁻, 543 ppm de Cl⁻ y 34 ppm de F⁻, y teóricamente sí representan un riesgo para la población, de acuerdo con los parámetros para agua potable establecidos por la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA, 1999) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1993) que establecen que se necesitan 1,200 mg/l de SO₄²⁻, 250 mg/l de Cl⁻ y 1.5 mg/l de F⁻ para poner en riesgo la salud de las personas. Sin embargo, estas concentraciones son controladas y medidas en el laboratorio, y parten de una dilución de 1 g de ceniza en 25 ml de agua, que muy difícilmente podría darse en condiciones naturales, por lo que aunque merecen la atención necesaria, su peligrosidad es baja. El análisis de los componentes tóxicos de las cenizas forma parte de las actividades que el CENAPRED realiza para la gestión del riesgo volcánico.

SE06-50 CARTEL

LOS CAMPOS MONOGENÉTICOS ACTIVOS EN MÉXICO

Nieto-Torres Amiel¹, Espinasa-Pereña Ramón¹, Hernández Bello María Guadalupe² y Bravo Carbajal Ixtlitzin Yaocihuatl²

¹Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
anieto@cenapred.unam.mx

A diferencia de los estratovolcanes, los volcanes monogenéticos se distribuyen en campos volcánicos que ocupan de cientos a miles de kilómetros cuadrados. La evaluación del riesgo volcánico en un campo monogenético constituye un problema complejo que requiere la realización de diversos análisis encadenados. Las limitaciones de los estudios hechos hasta el momento, hacen necesaria la creación de un método que pueda aprovechar los datos disponibles en muchas de las técnicas de estudio (Geología, Vulcanología, Petrología, Geoquímica, Paleomagnetismo) e integrar la distribución de los centros eruptivos, y la evaluación de escenarios. Debido a la abundancia de campos monogenéticos que existen en cualquier tipo de ambiente tectónico, estos representan un riesgo para la población, ya que grandes centros de población se localizan cerca o dentro de estos campos. Un ejemplo de esto es la Ciudad de México y el campo volcánico Chichinautzin, por lo que se considera que es sumamente importante realizar investigaciones encaminadas a la evaluación del riesgo que representan estos campos. En este trabajo se identificaron por medio de una revisión bibliográfica exhaustiva, las regiones monogenéticas activas del país, a fin de estar en la posibilidad de identificar a primera instancia las fuentes de peligro por vulcanismo monogenético. Se revisaron todas las fuentes bibliográficas disponibles hasta la actualidad en las que se aporten dataciones radiométricas o se sugieran eventos eruptivos holocénicos (< 10,000 años) dentro de los distintos campos volcánicos en México. Se identificaron 15 campos volcánicos en el país que, debido a los registros encontrados en la bibliografía, se consideran como activos. Además se delimitaron sus áreas de influencia a partir de la distribución máxima de sus lavas, esto es el alcance máximo que han tenido, lo que no necesariamente indica el alcance máximo de una erupción futura. Estos estudios permitirán en un futuro, a través del análisis de los distintos sistemas expuestos, conocer cuáles son las zonas más vulnerables a los peligros volcánicos en cada campo y evaluar los posibles daños y pérdidas ocasionados por una posible erupción futura en un campo volcánico.

SE06-51 CARTEL

MAPAS PRÁCTICOS DE PELIGROS DE LOS VOLCANES POPOCATÉPETL Y MALINCHE

Nieto-Torres Amiel¹, Espinasa-Pereña Ramón¹ y Dávila Lamas Eduardo Ernesto²

¹Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

²Facultad de Ingeniería, UNAM
anieto@cenapred.unam.mx

Los nuevos mapas de peligros del Popocatepetl (Martin Del Pozzo et al., 2016) se elaboraron a partir de la reconstrucción de la historia geológica del volcán. Con esta información se proyectaron a través de múltiples simulaciones de computadora, escenarios de peligro. Estos escenarios se basan en los tamaños de las erupciones y en su probabilidad de ocurrencia. A partir de esta información se realizó un mapa simplificado para facilitar la comunicación del peligro volcánico a la población y a las autoridades de protección civil. El área marcada en este mapa representa la zona que podría ser afectada en caso de exhalaciones pequeñas hasta eventos explosivos de mediana intensidad. Muestra la zona que está sujeta a todos los peligros volcánicos en erupciones de distintos tamaños. Está basado en la superposición de la información de cada uno de los distintos peligros identificados en los Nuevos Mapas de Peligros del Popocatepetl a partir del escenario que es más probable que se pueda presentar con las condiciones actuales de actividad en el Popocatepetl y presenta de manera resumida y concisa información comprensible para todo tipo de público. A partir de este modelo, se elaboró un mapa práctico de peligros para el volcán La Malinche, en el que se muestran las zonas que podrían ser afectadas en caso de una erupción de mediana intensidad. El objetivo de estos dos mapas simplificados es servir de fundamento en el manejo de crisis volcánicas, la elaboración de planes de emergencia volcánica de cada estado así como la educación e información ciudadana.

SE06-52 CARTEL

CONTRIBUCIONES DE LA 5TA. PLATAFORMA GLOBAL DE REDUCCIÓN DE RIESGO DE DESASTRES A LA POLÍTICA PÚBLICA DE GESTIÓN DE RIESGOS EN MÉXICO 2015-2030

García Arróliga Norlang Marcel, Méndez Estrada Karla Margarita y Vázquez-Bravo Fernando
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
norlang@cenapred.unam.mx

A finales del mes de mayo de 2017 se llevó a cabo en Cancún Quinta Roo, México, la 5ta edición de la Plataforma Global de Reducción de Riesgos de Desastres. Dicha plataforma global es el principal foro a nivel mundial que busca la coordinación internacional para alcanzar los avances en la implementación de marcos globales de reducción de riesgos. Las diversas contribuciones emanadas de la Plataforma

se circunscriben en una amplia variedad de temas que van desde la gestión de riesgos a nivel comunitario, pasando por la multiculturalidad y condición de género de los grupos de población expuesto a desastres, al conocimiento y evaluación de los riesgos poniendo énfasis en promover y aumentar los niveles de resiliencia, términos utilizados en boga y dejando en desuso el tema de vulnerabilidad en todas sus facetas. Se resaltó la importancia de establecer alianzas estrechas y necesarias en los ámbitos públicos y privados los cual den la pauta para implementar marcos de cooperación internacional con la finalidad incentivar la colaboración hacia países con estructuras de gestión de riesgos aún incipientes. El presente trabajo pretende articular e integrar las principales contribuciones vertidas dentro de la Quinta Plataforma Global de Reducción de Riesgos con la finalidad de proponer recomendaciones de Política Pública que podrían ser integradas en los planes y programas de gestión de riesgos en los próximos 15 años, periodo en que serán evaluadas los logros bajo el Marco de Acción de Sendai 2015-2030.

SE06-53 CARTEL

LA RED SÍSMICA MEXICANA, ACIERTOS Y OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE CARA A UNA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO SÍSMICO

Castelán Pescina José Gilberto, Alonso Rivera Paulino, Saldívar Rangel Miguel Ángel, López Lena Rubén y Vidal Amaro Margarita
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
gilberto@cenapred.unam.mx

A casi 20 años de haberse formulado el proyecto de consolidación de una Red Sísmica Mexicana, que tenía como primer objetivo coordinar acciones e identificar el estado que guardaba las entonces redes que operaron después del sismo de 1985 ocurrido el 19 de septiembre en costas de Michoacán, se han realizado diversas acciones que serán descritas a manera de resumen. Adicionalmente, se conocerán los alcances operativos y de infraestructura en cada una de las fases que ha tenido el proyecto. El proyecto Red Sísmica Mexicana contempla la generación de productos que faciliten a la toma de decisiones basadas en información oportuna y confiable durante una crisis sísmica. Ante la ocurrencia de un sismo, el contar con prontitud los datos epicentrales y la generación de mapas de intensidades, permite identificar zonas potencialmente afectadas, más aún si se obtienen directamente a partir de los datos transmitidos en tiempo real de diversas estaciones sísmicas y acelerográficas que ha venido creciendo con la instalación de nuevas estaciones de registro sísmico lo que permite mejorar la cobertura nacional. Para llegar a ello, durante el proyecto se han generado criterios homologados entre instituciones y reforzar el esquema de comunicaciones y datos. De igual manera se incluyó la colaboración para establecer conjuntamente con la Secretaría de Marina y otras instituciones lo que ahora es el Centro de Alerta de Tsunamis. Cada uno de los productos diseñados o desarrollados en cada etapa está directamente relacionado con un proceso que fue mejorado con base en las modalidades de cada institución y sus capacidades de infraestructura e información. Para lograr un incremento en dichas capacidades, uno de los objetivos de la Red Sísmica Mexicana fue integrar no solo el equipamiento sino la coordinación permanente entre los actores que han definido las necesidades. Por lo anterior, este trabajo también proporciona una visualización por medio de un esquema general de las instituciones y sus procedimientos que hacen mantener y operar este proyecto. Finalmente, en el caso del Proyecto Red Sísmica Mexicana, toda la información derivada de la integración de las redes, es puesta a disposición del CENAPRED a través de la infraestructura de comunicación y de cómputo descrita en este trabajo y posteriormente incluida como un servicio Web en la plataforma pública del Atlas Nacional de Riesgos como elemento de monitoreo casi en tiempo real para su inmediato análisis. Además se contempla una nueva etapa con lo cual este proyecto beneficia a nuestro país en materia de Gestión del Riesgo Sísmico.

SE06-54 CARTEL

LA INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRE EN LAS UEPC: HERRAMIENTA PARA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL

Méndez Estrada Karla Margarita, García Arróliga Norlang Marcel y Vázquez-Bravo Fernando
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
karla@cenapred.unam.mx

Dentro de los componentes del riesgo, la vulnerabilidad representa una parte dinámica de la construcción social del riesgo que remite a la producción y reproducción de las condiciones que definen y determinan la magnitud de los efectos en las poblaciones ante la presencia de un peligro, y se puede considerar como el elemento principal responsable de los procesos de desastre. Entre las múltiples dimensiones de la vulnerabilidad (social, económica, física, educativa, ambiental entre otras) se eligió la institucional no por no considerar el riesgo de desastre como mono causal, sino que se considera como categoría de análisis a partir de la cual es posible identificar como es que la obsolescencia y rigidez de las instituciones pueden influir en la inadecuada respuesta a la realidad existente. Por consiguiente el objetivo del presente trabajo consiste en valorar la forma en que las Unidades de Protección Civil han integrado los conceptos de la Gestión Integral del Riesgo de Desastre que conceptualmente se erige como eje rector de las políticas públicas las cuales pretenden combatir las causas estructurales del riesgo. Además se buscó contribuir

a la Estrategia 4.2 del Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018: Promover la homologación de la normatividad federal, estatal y municipal incorporando la Gestión Integral de Riesgo. Fue así que, fue diseñada una encuesta con 55 reactivos la cual se elaboró y estructuró tomado en cuenta las fases de la GIRD y se dividió en cuatro grandes rubros: El eje Normativo, el organizacional, funcional y financiero. El cambio de paradigma de Protección Civil a Gestión Integral de Riesgos de Desastre, adquiere un protagonismo esencial ya que no sólo se trata de un cambio de acción en el plano material, sino principalmente en el simbólico. Es posible incidir en el riesgo ya que nace y se reproduce en prácticas, actitudes y decisiones institucionales.

SE06-55 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE RESILIENCIA MUNICIPAL PARA FORTALECER LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE DESASTRES DE ORIGEN NATURAL EN MÉXICO

Vázquez-Bravo Fernando, García Arróliga Norlang Marcel y Méndez Estrada Karla Margarita
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
fando.vazquez@gmail.com

La resiliencia implica condiciones económicas y sociales preexistentes, capacidades de reacción y cooperación entre instituciones y actores sociales que están fuertemente determinadas por el contexto subnacional de cada comunidad. A pesar de la creciente atención que la resiliencia ha ganado en las políticas públicas contra el riesgo de desastres a nivel nacional y local, las investigaciones que estudian la resiliencia a nivel subnacional son escasos en la literatura en México. En este artículo proponemos una metodología para construir un Índice de Resiliencia Municipal en México para 2010, que es el año más cercano con información disponible para todas las variables. A través del marco teórico de Twigg (2007) realizamos un Análisis de Componentes Principales para elegir las variables que mayor incidencia tienen en la determinación de resiliencia municipal en México. Los principales resultados del estudio son: 1) los estados que concentran los municipios y la población con menores niveles de resiliencia son los más pobres; 2) las variables relacionadas con el ingreso y la pobreza explican mejor la capacidad de resiliencia en comparación con las variables relacionadas directamente con la Gestión Integral de Riesgos y 3) la mayor parte de la población en México vivía en municipios con al menos un alto nivel de resiliencia.

SE06-56 CARTEL

SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, HISTORIA Y NUEVOS RETOS

Zavala-Hidalgo Jorge, Santiago Santiago José Antonio, Gómez Ramos Octavio, Hernández Maguey Felipe, Zarza Alvarado Miriam y Gutiérrez Quijada Valente
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jzavala@atmosfera.unam.mx

El Servicio Mareográfico Nacional, operado por el Instituto de Geofísica se creó en 1952 y mantiene series relativamente largas de observación del nivel del mar en los puertos y costas de México, algunas con más de 50 años de observaciones. De 2013 a 2017 el Servicio Mareográfico Nacional (SMN) alcanzó una consolidación al equipar con mejores equipos y más completos la red. Se ha avanzando en que las estaciones cuenten con sensores de nivel redundantes, con transmisión redundante, vía GPRS y satélite GOES, con estaciones meteorológicas y GPS de precisión permanente. Actualmente la mitad de ellas tienen este equipamiento. Esto es necesario para poder generar información con la calidad necesaria para poder estudiar el cambio en el nivel del mar debido al calentamiento global y los procesos regionales como la subsidencia. En los próximos años el principal reto es en primer lugar mantener la red pues se requieren presupuestos y personal capacitado para modernizar varias estaciones que aun no han sido equipadas con sensores redundantes, transmisión redundante, sensores meteorológicos y GPSs. Un riesgo, que ya ha ocurrido antes, es que con los cambios de administración se descuide el servicio. Esta información es imprescindible para hacer investigación de temas como el estudio y simulación numérica de tsunamis, marea de tormenta, el cambio climático y su impacto en la zona costera, estudios de geodesia, la variabilidad decadal de los grandes océanos, movimientos verticales de la corteza terrestre en escala regional y ecosistemas costeros y muchos otros temas.

SE06-57 CARTEL

EL SERVICIO MAGNÉTICO DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM, Y LA EXPERIENCIA DEL OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO DE TEOLOYUCAN

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Cifuentes Nava Gerardo² y Caccavari Garza Ana¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia
estebanh@geofisica.unam.mx

Los datos utilizados para modelar el campo magnético terrestre de origen interno y la variación secular se han estudiado principalmente con base en datos obtenidos en los observatorios geomagnéticos y estaciones de repetición distribuidas por la

superficie terrestre. Hoy en día las nuevas aplicaciones de esta información se han vuelto más importantes, teniendo en cuenta los riesgos por fenómenos solares y su importancia desde el punto de vista geomagnético, asociados también con la actividad volcánica o sísmica. Los levantamientos magnéticos en la superficie de la Tierra, los aéreos o los satelitales para caracterizar la corteza terrestre forman parte desde su creación, de los objetivos del Servicio Magnético de la UNAM, en México y en la mayoría de los países se integran como programas de investigación en geomagnetismo, tales como las agencias gubernamentales o las universidades. Desde el punto de vista histórico, la influencia de las corrientes eléctricas cuyo origen se encuentra en la magnetosfera y la ionosfera han sido estudiadas con menor interés en la adquisición de datos en satélites y estaciones en la superficie de la tierra en latitudes geomagnéticas bajas (50 grados de latitud norte o sur). El Servicio de Clima Espacial y el Servicio Magnético tienen algunos campos de interés comunes. En este trabajo se analizan ciertos aspectos para estudiar el alcance natural de estudio del campo geomagnético desde el punto de vista de ambos servicios; que en resumen se enfocan en fuentes internas y externas. Aparentemente estos dos servicios tienen campos de trabajo muy cercanos entre sí, incluso podrían interpretarse como repetitivos. Uno de los objetivos de este trabajo es presentar lo que están haciendo en México en el Servicio de Clima Espacial comparativamente con el Servicio Magnético. Como conclusiones presentamos el hecho de que para los observatorios geomagnéticos quien se encarga de la operación de los observatorios geomagnéticos día con día; tarde o temprano se enfrentarán a este panorama sobre los límites de la responsabilidad de servicios tan cercanos: El Magnético y el de Clima Espacial. Las directrices deben enfocarse a la producción de datos y a la investigación. Entre un servicio y un grupo de investigación. Por ahora es importante conectar ambas líneas de estudio para combinarlas y hacer un mejor servicio.

SE06-58 CARTEL

EL SERVICIO DE GEODESIA SATELITAL DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA

Cabral Cano Enrique y Salazar Tlacazani Luis
Instituto de Geofísica, UNAM
ecabral@geofisica.unam.mx

El Instituto de Geofísica es el heredero de una larga tradición de Servicios Nacionales que proveen de un registro observacional geofísico fundamental para el avance del nuestro conocimiento de fenómenos naturales que afectan nuestro país. El Servicio de Geodesia Satelital, de reciente creación, forma parte de la coordinación de servicios Geofísicos del Instituto de Geofísica. Su misión es registrar, almacenar, y distribuir los observables GPS/GNSS y meteorológicos asociados necesarios para avanzar nuestro conocimiento de los procesos geológicos que causan acumulación de esfuerzos y deformación de la superficie terrestre y otros procesos detectables con técnicas GPS/GNSS que permiten estimar contenidos de vapor de agua, humedad, vegetación y contenido total de electrones en nuestro país. Su misión se implementa a través de dos componentes: a) la instalación, operación y mantenimiento de la red de estaciones GPS/GNSS y b) un repositorio de observables GPS y meteorológicos de superficie de acceso libre y abierto (<http://tlalocnet.udg.mx>). La infraestructura observacional del Servicio esta compuesta por las redes GPS TLALOCNet y SSN-TLALOCNet. Estas redes están diseñadas para la investigación del ciclo sísmico, tectónica, subsidencia del terreno, clima, procesos atmosféricos y clima espacial. Actualmente la red TLALOCNet consta de 104 estaciones GPS con presencia en casi todos los estados del país y en zonas insulares del Océano Pacífico y el Golfo de México. Las estaciones GPS-Met también cuentan con sensores meteorológicos de superficie que registran con altas frecuencias de muestreo (1/min y 1/15s) y que están integradas al flujo de datos GPS. Estas observaciones meteorológicas son fácilmente retransmitidas mediante el protocolo BINEX en tiempo real y con latencias menores a 1s y son fácilmente integrables en sistemas de monitoreo y respuesta rápida a eventos extremos. La gran mayoría de las estaciones SSN-TLALOCNet también cuentan con la opción Trimble RTX que nos permite obtener soluciones de punto preciso en tiempo real y con la capacidad de ser transmitidas como un flujo de datos. El repositorio TLALOCNet es el primer repositorio de datos geofísicos en México que abre su acervo de observaciones geodésicas y meteorológicas actuales e históricas bajo políticas de datos abiertos y libres y de carácter perpetuo. La consulta y distribución de datos es accesible mediante diversos métodos que incluyen interfases gráficas, comandos de línea y Web Services que facilitan la automatización de la búsqueda y transferencia de datos de manera rutinaria. Este repositorio distribuye de manera libre y abierta observables GPS con muestreos de 15s y de 5HZ en caso de eventos sísmicos mayores, así como series de tiempo de posiciones diarias, vectores de velocidades y observaciones de meteorología de superficie para apoyar un gran número de investigaciones en geociencias y para apoyar actividades de posicionamiento mediante técnicas de GPS diferencial en tiempo real y en postproceso. Adicionalmente se retransmiten flujos de observables GPS en tiempo real con frecuencias de muestreo de 1 Hz provenientes de ~20 estaciones. Estos flujos de datos están disponibles en formatos BINEX y RTCM a través del protocolo NTRIP.

SE06-59 CARTEL

TÉCNICAS GEOFÍSICAS Y SU IMPORTANCIA EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE

Ramírez Álvarez Emmanuel y Valdés Melo Esdras Jacob
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
 eramirez@cenapred.unam.mx

Es sabido que existen ayudas en la elaboración del diseño sismorresistente de construcciones, tales como reglamentos de construcción (p.ej. RCDF-04) y manuales de diseño (CFE 93, 2008 y 20015), los cuales incluyen estudios de amenaza sísmica en una o más regiones. Estos reglamentos y manuales, contemplan características geológicas y geotécnicas regionales, por lo que pueden sobrestimar o subestimar la respuesta sísmica, producto de particularidades geológicas de un sitio específico. Por lo anterior, y para incluir las particularidades geológicas de un sitio de forma adecuada al análisis el peligro sísmico y con la finalidad de obtener espectros de diseño sísmico adecuados, es necesario contar con estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos, que puedan ser comparables y correlacionables entre ellos. En este trabajo se muestra: - La forma de aplicación de estos estudios en la obtención de espectros de diseño sísmico, con las características específicas de un sitio, obtenidos con los estudios antes mencionados -Cómo los estudios geofísicos, son una herramienta muy importante durante la etapa de diseño de las edificaciones -Cómo esta información se puede aplicar en la etapa de construcción, y Cómo todo lo anterior puede integrarse con estudios de otras áreas de investigación en la mitigación del riesgo sísmico.

SE06-60 CARTEL

GUÍA PARA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Gutiérrez Martínez Carlos A., Robles Mendoza Alejandra,
 Jiménez Velázquez Juan Carlos y Ramírez Álvarez Emmanuel
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
 cgm@cenapred.unam.mx

Antecedentes A partir del sismo de 1985 el efecto de sitio en valles aluviales fue considerado como un factor determinante para la evaluación del riesgo por sismo. Desde entonces, diversos métodos para lograr una evaluación confiable del grado de amplificación de las ondas sísmicas y de los periodos dominantes del terreno, principalmente, han sido empleados en la Ciudad de México y otras ciudades del país. Los resultados de una microzonificación sísmica son fundamentales para mejorar el conocimiento de la respuesta del terreno ante movimientos intensos y ayudar a disminuir la vulnerabilidad de las construcciones a través de un diseño sustentado en información detallada del comportamiento de suelos blandos, esencialmente. Guía de microzonificación sísmica El tema de la evaluación del efecto de sitio ha sido considerado como prioritario en el ámbito de la prevención del riesgo por sismo, sobre todo en los casos de grandes asentamientos humanos en valles aluviales, aspecto que aún no ha sido sistemáticamente integrado en los planes de desarrollo urbano. Aunque se cuenta con la Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), no se puede considerar completa una evaluación de peligro por sismo si no se lleva a cabo una microzonificación sísmica. Es necesario señalar que, a nivel local, comúnmente se tiene escasez o dispersión de información sismológica, geológica y geotécnica, limitación de recursos económicos y humanos para temas técnico-científicos, y los tomadores de decisión no cuentan con un cuerpo técnico que pueda orientar estudios como los que aquí se mencionan. Por otra parte, se insiste en que las autoridades responsables de la planificación urbana y determinación del uso de suelo hagan lo propio para prevenir y mitigar el riesgo por sismo de una manera integral. En ese sentido, se identificó la conveniencia de preparar una guía en la que se describa cuáles son las técnicas para la microzonificación disponibles y en qué consisten, dando una explicación de su nivel de resolución, aplicabilidad en diferentes condiciones, el orden en que deben aplicarse, tipo de información que se obtendrá, etc.; todo ello con el propósito de alcanzar resultados que finalmente sean útiles para los ingenieros responsables de establecer y/o revisar los criterios de análisis y diseño sismorresistente, refuerzo o adecuación de inmuebles, y, en determinadas etapas, su inclusión en normas de diseño y construcción. La guía está dirigida a tomadores de decisión y autoridades de gobierno estatal y municipal, encargados de solicitar dichos estudios, así como para quienes los ejecuten, a fin de definir una ruta crítica de trabajo y lograr resultados aplicables, con la mayor certidumbre, en el marco de la Gestión Integral del Riesgo.

SE06-61 CARTEL

ALERTAMIENTO SÍSMICO EN LA CIUDAD DE OAXACA POR MEDIO DE ALTO PARLANTES. UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA TODOS

Martínez Gómez Elías
Protección Civil de Oaxaca
 elimartinezgomez13@gmail.com

El Estado de Oaxaca, particularmente la zona de Valles, se encuentra sujeta a una variedad de fenómenos naturales y antrópicos, principalmente a sismos e inundaciones. Las pérdidas económicas y de personas, ha sido cuantiosa en los últimos 20 años. Es por ese motivo que el Instituto Estatal de Protección Civil

(IEPC) Oaxaca, ha implementado un sistema de alertamiento sísmico en la Ciudad de Oaxaca por medio de bocinas. Este sistema se activa en el caso de sismos, para cuando CIRES detecta un evento sísmico superior a una magnitud de 5.5 grados, posteriormente se activa el sistema y se da la señal mediante las bocinas. El sistema transmite la señal a través de señal de radio a las bocinas que se encuentran en la Ciudad de Oaxaca. El objetivo general del presente trabajo, es dar a conocer los el diseño y operación de la red de alertamiento sísmico, como se activa el protocolo al interior del IEPC y las experiencias desarrolladas en la operación del sistema. También se abordarán los temas relacionados con su mantenimiento y conservación, elementos críticos para la sostenibilidad del sistema. Se tratará también los procesos que determinan la utilidad de un sistema de alertamiento temprano, conocimiento del riesgo, sistemas de medición y monitoreo, disseminación y comunicación y la capacidad de respuesta, como elementos que permiten que el sistema que se está planteando permita salvaguardar la vida y bienes de los habitantes del estado de Oaxaca.

SE06-62 CARTEL

ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO PROBABILISTA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO EMPLEANDO SISMOGRAMAS SINTÉTICOS Y MODELOS CORTICALES TRIDIMENSIONALES

Martínez Téllez Berenice¹ y Ramírez Guzmán Leonardo²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

berenicefloyd@gmail.com

La República Mexicana está localizada en una zona de alta sismicidad, por lo tanto, existe amenaza y peligro asociado que afecta directamente y de gran manera a diversas regiones del país. La ocurrencia de grandes sismos puede provocar el colapso de estructuras provocando grandes daños, un análisis probabilista del peligro sísmico es el indicado para tomar en cuenta la incertidumbre de dicha ocurrencia; sin embargo, se sabe que en cada proceso aplicado la incertidumbre aumenta. El estudio presenta un análisis comparativo de peligro sísmico probabilista evaluado en Ciudad Universitaria, empleando ecuaciones de predicción de movimiento (EPM) y sismogramas sintéticos. Los sismogramas sintéticos se calculan empleando el formalismo de los tensores de receptor de Green utilizando un modelo tridimensional basado en estudios recientes de tomografía y la modelación de la propagación de ondas empleando el método de los elementos finitos. La evaluación se hace considerando 6 zonas sismogénicas incluidas en la región central de México. Se analiza la incertidumbre asociada a las estimaciones de los parámetros de movimiento del terreno y se compara con la obtenida empleando EPM.

SE06-63 CARTEL

MAPAS DE INTENSIDAD SÍSMICA PARA EL CENTRO DE MÉXICO Y SU CORRELACIÓN CON PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA PRODUCIDOS POR SISMOS

Valencia Medina Diana Itzel¹ y Ramírez Guzmán Leonardo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

valenciamedia@gmail.com

Se evalúa la pertinencia del empleo de mapas de intensidad sísmica en la estimación en tiempo real de la amenaza a escala regional de procesos de remoción en masa (PRM) producidos por sismos. Los mapas se generaron utilizando ecuaciones de predicción de movimiento y simulaciones mediante modelado 3D, incluyendo efectos topográficos, para altas y bajas frecuencias, respectivamente. Las intensidades de interés reportadas son la aceleración pico, la intensidad de Arias y aceleraciones espectrales para periodos T=0.1 y 0.3 s. Mediante usos de Sistemas de Información Geográfica y el análisis de fotografías satelitales se calcularon zonas de riesgo potencial que se compararon con los mapas generados. Debido a la cantidad y calidad de los reportes, así como la incertidumbre de las estimaciones de la fuente y el movimiento del terreno no fue factible correlacionar las intensidades mencionadas. Sin embargo, teniendo disponibles las historias de tiempo de 6 simulaciones, se calcularon los esfuerzos principales en la superficie y se compararon con el mapa de depósitos de suelos recientes (Holoceno) en el Centro de México. La comparación indica que existen algunas regiones donde los esfuerzos son elevados existen depósitos susceptibles a presentar PRM y en algunos casos coinciden con PRM documentados.

SE06-64 CARTEL

PERCEPCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES NATURALES, USO Y MANEJO DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES DE LAS PRINCIPALES CUENCAS DEL ESTADO DE SONORA

Tandazo-Bustamante Fernando¹, Robles Morúa Agustín¹, Sánchez-Mejía Zulia Mayari¹, Yépez Enrico A.¹, Méndez-Barroso Luis Arturo², Álvarez-Yepiz Juan Carlos¹ y Vivoni Enrique²

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Arizona State University
fercht22@hotmail.com

Los desastres naturales tienen consecuencias en sistemas de organización social, económicas y de calidad de vida. Para comprender que tan resiliente es la población, es esencial conocer las percepciones de riesgos asociados a distintos desastres naturales. Esto es muy importante para mejorar la comunicación ante los posibles impactos de salud pública y ambiental de desastres naturales. Este estudio se enfoca en conocer las percepciones de riesgos naturales de 13 comunidades rurales de las cuencas de los ríos Sonora, Yaqui y Mayo, del estado de Sonora, ante eventos naturales extremos que suceden en esta región (inundaciones, sequías, heladas e incendios forestales). Para conocer las percepciones de riesgos, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas, y se aplicó un método de muestreo aleatorio en los diferentes sectores y estratos poblacionales de todas las comunidades. Los resultados indican que la mayoría de los residentes en las comunidades rurales de las tres cuencas tienen una muy baja afectación por inundaciones (20%), ya que en las cuencas de los ríos Sonora y Yaqui no se ha presentado este fenómeno, y en la cuenca del río Mayo son poco frecuentes (3%). Además, las percepciones de inundaciones a futuro son muy bajas (31%). Sin embargo, las afectaciones ocasionadas por sequías fueron consideradas muy graves (86%). Los resultados señalan que las sequías han incrementado en ocurrencia en los últimos años (75%), y la mayoría considera que aumentarán a futuro (93%). Los residentes de las cuencas de los ríos Sonora y Yaqui señalan graves afectaciones por heladas (77%), sin embargo, en la cuenca del río Mayo no lo consideran de gravedad (38%). No obstante, todas las comunidades perciben que este tipo de evento es poco frecuente (29%) pero que puede aumentar a futuro (61%). Los incendios forestales tienen un alto impacto en la cuenca del río Mayo (75%), donde se consideran muy frecuentes en verano (67%). En la cuenca del río Yaqui señalan que este fenómeno ocurre esporádicamente (28%). En la cuenca del río Sonora indicaron que evento se presenta poco (19%) y consideran que no se presentará a futuro (52%). Sin embargo, en las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo observan que este fenómeno aumentará (92%). En cuanto al manejo del agua, en las cuencas del Río Yaqui y Sonora poseen agua suficiente (79%), mientras que en la cuenca del río Mayo existen graves problemas de abastecimiento (60%), principalmente en épocas de verano. Los resultados muestran una alta sensibilidad a problemas asociados a la cantidad del agua actual (51%) y a futuro (67%), sin embargo, la mayoría indica que no existen problemas de calidad de agua (72%). Muchos residentes desconocen que en sus comunidades o cercanías han existido impactos serios ocasionados por heladas (Río Mayo y Río Yaqui) o incendios forestales (Río Sonora). Esta información puede ayudar a diseñar programas mas efectivos de comunicación ya que algunas de estas comunidades se encuentran en situaciones mas vulnerables y lo desconocen.

SE06-65 CARTEL

LA CARAVANA DE LA PREVENCIÓN, UN RECURSO DE COMUNICACIÓN EDUCATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS EN COMUNIDADES DE ALTA MARGINACIÓN

Estrada Cabrera Cynthia Paola
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
cpaola@cenapred.unam.mx

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) tiene entre sus principales funciones el difundir los resultados de las investigaciones que en él se desarrollan a través de actos académicos, exposición y de promoción que permitan extender el conocimiento y dar a conocer las medidas de prevención que les permitan auto protegerse del impacto de fenómenos naturales y antropogénico, entre la población mexicana pero principalmente, entre los grupos más vulnerables del país. Para dar cumplimiento a esta encomienda, durante el 2016 el CENAPRED desarrolló una estrategia de promoción y comunicación educativa con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Esta estrategia, denominada Caravana de la Prevención, tenía un objetivo en particular: Llevar la información precisa y socialmente útil hasta cuatro comunidades de alta vulnerabilidad, a través de recursos didácticos sencillos que permitan explicar y ejemplificar cómo se desarrollan los hidrometeorológicos, como son lluvias e inundaciones, y geológicos, como deslizamiento de laderas y tsunamis. Con ello, se podía mostrar los peligros a los que está expuesto cada municipio y cuáles son las medidas de autoprotección que pueden llevar a cabo. La Caravana se compone de elementos multimedia, impresos informativos y maquetas didácticas que facilitan exposición e interacción con los asistentes, principalmente los niños, así como tres personajes desarrollados especialmente para acompañar este concepto, los cuales fueron analizados y aprobados a través de encuestas de opinión. Su implementación fue recibida con éxito en los municipios, fue recibida con agrado por parte de las autoridades y por el público en general, el cual, en su mayoría, pertenecía a

regiones indígenas de escasos recursos. Esta nueva manera de difundir la cultura de protección civil y prevención de desastres, a través del remolque de la "Caravana de la Prevención" visitó los municipios de La Perla, Veracruz; Xochitlán de Vicente Suárez, Puebla; Sta. Inés Yatzeche, Oaxaca y Ometepepec, Guerrero. Se estima que recorrió 3,500 km y recibió a alrededor de 1,400 personas, principalmente a público infantil que habita en condiciones de alta vulnerabilidad.

SE06-66 CARTEL

GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS: UNA VISIÓN INCLUYENTE

Balderas Gloria
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
gbalderas@cenapred.unam.mx

La Gestión Integral de Riesgos (GIR), entendida conforme la Ley General de Protección Civil como el conjunto de acciones enfocadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos involucrando una amplia gama de actores públicos, privados y sociales, etapas, procedimientos y estrategias, no puede conceptualizarse sin un enfoque de estudio incluyente. Una verdadera gestión integral, debe considerarse como premisa básica en sus acciones, el garantizar el pleno ejercicio de derechos de todas y todos, evitando que las diferencias de género, edad, sexo o cualquier otra, sean causa de exclusión o discriminación. La generación de conocimiento a través del análisis de los desastres, permite identificar y combatir las causas estructurales de éstos, siendo un elemento fundamental el que como parte de dicho estudio, ex ante se privilegie integrar variables e información desagregada de los diversos grupos de población –niños, niñas, mujeres, hombres, personas de la tercera edad, personas con discapacidad, etc.-, en aras de contar con elementos que permitan a las y los tomadores de decisiones, llevar a cabo acciones con una visión holística, reconociendo las oportunidades y necesidades para trabajar en éstas y convertirlas en fortalezas.

SE06-67 CARTEL

COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE: PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DIFUSIÓN DE LA VIVIENDA POPULAR SISMO-RESISTENTE" EN EL SALVADOR

Barrera Burrola Héctor Alonso
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
hbarreraburrola@gmail.com

Con motivo de los sismos de enero y febrero de 2001 ocurridos en El Salvador que acabaron con la vida de un gran número de personas debido al colapso de viviendas, el gobierno de México, a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en conjunto con el gobierno de Japón, brindaron apoyo a ese país acordando desarrollar el Proyecto "Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-resistente", bajo el esquema "Apoyo a la Cooperación Sur-Sur" México-Japón a terceros Países, con el propósito de instrumentar metodologías de autoconstrucción de viviendas sismo-resistentes de bajo costo en poblaciones de escasos recursos de El Salvador. El proyecto se formalizó a través de los acuerdos firmados por dichos gobiernos en noviembre y diciembre de 2003, se planteó una duración de cinco años, sin embargo se amplió por tres años más para dar paso a una segunda fase. Lo anterior refleja el éxito obtenido en la cooperación sur-sur, donde la coordinación interinstitucional entre el sector académico, privado y organizaciones de la sociedad civil, permitió la creación y fortalecimiento de capacidades tecnológicas, normativas e institucionales de El Salvador, reduciendo el riesgo de desastre y de pérdidas ocasionadas por la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

SE06-68 CARTEL

LA ÚLTIMA MILLA. UN CAMBIO EN EL PARADIGMA DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA MEDIANTE LA COMPRENSIÓN INFERENCIAL.

Garibay Rubio Carlos Rodrigo
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
rgaribay@cenapred.unam.mx

Los sistemas de alerta temprana son un elemento de vital importancia en la gestión integral de riesgos. Sin embargo, la aproximación a los mismos ha sido hecha mayormente desde un paradigma en el que el receptor del mensaje realiza de manera unívoca la decodificación del mensaje y se espera actúe en consecuencia sin al parecer obstáculo alguno en este proceso. La pragmática, a diferencia de la perspectiva de Locke o de Saussure anteriormente mencionada donde la comunicación de una expresión se centra en la codificación de un pensamiento en palabras y su subsecuente decodificación a la inversa por parte del oyente, supone que para que haya comunicación eficiente es necesario involucrar inferencias ampliadas (como la inducción o la abducción), o la aplicación de principios generales específicos a la comunicación. De esta manera, los razonamientos que

la pragmática involucra van más allá de la mera aplicación de reglas y de la información contenida en la propia expresión. En este sentido es que se supone que en realidad las personas realizan un proceso mucho más complejo que la mera decodificación del mensaje, interpretando entonces la señal en virtud de muchos elementos como es: su conocimiento de trasfondo, elementos contextuales guiados por criterios pragmáticos y de relevancia, dando sentido al estímulo inicial y origen a todo un repertorio de posibles acciones o incluso a la ausencia de las mismas. Los sistemas de alerta temprana por tanto han mostrado una ceguera selectiva ante lo que se ha dado a llamar como la última milla, donde es de hecho donde comienza la actuación de los agentes y resulta vital una respuesta efectiva en corto tiempo. Dado lo anterior es que se propone un cambio en la comprensión de los elementos necesarios para lograr que los individuos respondan de manera efectiva ante la señal enviada mediante los sistemas de alerta temprana, incorporando un modelo de comprensión inferencial (abductivo) de fondo para determinar la forma y presentación de los mensajes (output) del sistema de monitoreo y alerta temprana. La inferencia abductiva es en realidad un tipo de inferencia que utilizamos cotidianamente para explicarnos el mundo, incluyendo a los eventos anómalos y novedosos con los que nos encontramos, sin embargo, se pueden encontrar en este proceso, sesgos cognitivos sistemáticos que ralentizan nuestro actuar en situaciones extraordinarias y por tanto es necesario contemplarlos en la última milla de nuestros sistemas de alerta. La incorporación de un modelo más comprensivo de la naturaleza cognitiva humana, aventuramos que permitirá volver más eficientes a los sistemas de alerta al buscar el modo adecuado de presentar el mensaje mientras que incide directamente en algunos de los elementos que funcionan como insumos para la producción de hipótesis inferenciales precursoras de la acción.

SE06-69 CARTEL

EFFECTOS DE PRECIPITACIÓN COMBINADA CON ACTIVIDAD ANTRÓPICA EN LA GENERACIÓN DE DESLIZAMIENTOS DE LADERAS: CASO HUAUCHINANGO, PUEBLA, Y LA TORMENTA TROPICAL EARL

González Huesca Alberto Enrique, Domínguez-Morales Leobardo, Cruz Pliego Miguel Ángel, Nieto-Torres Amiel y Hernández Osoy Ariadna
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
aehuesca@cenapred.unam.mx

Históricamente, la Sierra Norte de Puebla ha sido afectada por lluvias intensas y prolongadas generadas por diversos fenómenos meteorológicos, entre ellos, frentes fríos, depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes, que a su vez detonan deslizamientos de laderas, flujos de lodo, caídos de roca, inundaciones y desbordamientos de ríos. El 2 de agosto de 2016 se formó la tormenta tropical Earl en aguas del mar Caribe, convirtiéndose en huracán categoría uno la tarde del 3 de agosto. Al atravesar la península de Yucatán se degradó nuevamente a tormenta tropical y se dirigió al Golfo de México. En el transcurso del 5 de agosto, y hasta el siguiente día, se desplazó hacia Veracruz, Puebla, Hidalgo y Oaxaca. Para la tarde y noche del 6 de agosto, se debilitó a remanente con gran nubosidad, dejando lluvias muy intensas, entre el 5 y el 7 de agosto, en las zonas montañosas de los estados mencionados. Como consecuencia de dichas lluvias sucedieron una gran cantidad de deslizamientos de tierra, principalmente en los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo, donde se registraron un total de 55 fallecidos; 41 en la Sierra de Puebla, 13 en Veracruz y uno en Hidalgo. Las localidades más afectadas de Puebla fueron Xaltepec, Camino a Cuacuila, Cuacuila, Cuaxicala, Col. Miguel Hidalgo, San Miguel Acuatla, Nopala, Papatlazolco y Huilacapistla pertenecientes al municipio de Huauchinango, así como la comunidad de Tlaola y el camino a Chiconcuautla (Dominguez y coautores, 2016). En todos los casos analizados se observó una importante contribución de tipo antrópico, la cual fue decisiva en la generación de deslizamientos, aunado a la existencia de asentamientos humanos en cauces de ríos, arroyos y barrancas. En este artículo se discuten los diversos casos observados en Huauchinango, Tlaola y Chiconcuautla, como una de las fases de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, mismos que derivaron en la pérdida de vidas y en la ocurrencia de daños materiales cuantiosos.

SE06-70 CARTEL

ANÁLISIS DE UMBRALES DE LLUVIA QUE DETONAN DESLIZAMIENTOS EN MÉXICO Y SUS POSIBLES APLICACIONES A UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR INESTABILIDAD DE LADERAS: SIAT-LADERAS

Domínguez-Morales Leobardo, González Huesca Alberto Enrique y Nava-Licona Gretel Jael
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
ldm@cenapred.unam.mx

Históricamente México ha sido afectado por el embate de ciclones tropicales que generan lluvias torrenciales en la mayor parte de su territorio. Como resultado de éstas, además de inundaciones y desbordamiento de ríos, se generan numerosos casos de inestabilidad de laderas, principalmente en los estados de Puebla, Oaxaca, Guerrero, Baja California, Veracruz, Hidalgo y Chiapas. De estos casos, a solicitud de las instituciones que integran del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y en la atención de solicitudes de declaratoria de emergencia o de desastre, el CENAPRED ha analizado y documentado un número importante de eventos sucedidos entre 1999 y 2013, para los cuales se determinó que más

del 85 % de casos fueron detonados por lluvias intensas y prolongadas. Con base en el análisis de la información geológica, geomorfológica y meteorológica de los casos documentados, y tomando como base el mapa de zonas susceptibles a la inestabilidad de laderas, elaborado en 2001 por la entonces subdirección de Riesgos Geológicos del CENAPRED, se implementó un procedimiento semicualitativo para definir umbrales de lluvia que detonan deslizamientos de tierra, mismo que, según los casos documentados, tienen relación con el promedio anual de lluvia que se registra en cada zona o región. En este trabajo se presenta la propuesta del CENAPRED para determinar umbrales de lluvia que detonan deslizamientos de tierra, según las regiones de mayor susceptibilidad a la inestabilidad de laderas, a fin de que éstos puedan ser implementados a un sistema automático de generación de mapas de alertamiento. La determinación de umbrales de lluvia y su integración a un sistema de alerta temprana tiene grandes beneficios en la toma de decisiones, y contribuye en el fortalecimiento de uno de los principales componentes de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres por Inestabilidad de Laderas, que es el fortalecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

SE06-71 CARTEL

¿CÓMO ESTAMOS EN MATERIA DE NORMATIVIDAD PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS? REVISIÓN A PARTIR DEL ÍNDICE DE GOVERNABILIDAD Y POLÍTICAS PÚBLICAS EN GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (IGOPP)

Cruz Londoño Sarai, González Hernández Daniel y Zepeda Ramos Oscar
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
scrulz@cenapred.unam.mx

La Ley General de Protección Civil define la Identificación de Riesgos como el reconocimiento y la valoración de las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica, a través del análisis de los peligros y la vulnerabilidad, y establece que será el sustento para la implementación de políticas públicas de prevención y mitigación en materia de protección civil. Derivado de la definición anterior, se reconoce la importancia que la gestión del riesgo sea ejecutada no sólo desde el gobierno federal, sino que los órdenes estatales y municipales tengan dentro de su jurisdicción competencias para el cumplimiento de determinadas funciones de gestión local del riesgo, como es la identificación de los riesgos, y que estas sean acordes con sus recursos y posibilidades. El objetivo general del presente trabajo, es dar a conocer los resultados obtenidos de un análisis a nivel federal y estatal en México, sobre la implementación de normativas que dispongan la existencia de instancias de carácter técnico, dotadas de competencia, presupuesto y una estructura que entre sus principales funciones contemple la realización de estudios integrales sobre el riesgo de desastres, que ordenen la creación y mantenimiento de Sistemas de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, así como la sistematización y actualización de bases de datos sobre los efectos de los desastres. Finalmente y considerando que la gestión de riesgo de desastres debe implementarse de manera transversal, el estudio revisa si las normativas estipulan de forma expresa que los diferentes sectores de la administración pública (ambiental, agricultura, salud, vivienda, educación, turismo, transportes, agua y saneamiento, telecomunicaciones y energía) tienen competencias para determinar su exposición, vulnerabilidad y riesgo, pues en la medida en que los sectores analicen su nivel de riesgo ante fenómenos naturales, pueden iniciarse los procesos subsecuentes para la reducción del riesgo.

SE06-72 CARTEL

LA NECESIDAD DE CONTAR CON LA HERRAMIENTA DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS

Torres Palomino Lucrecia
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
lucrecia@cenapred.unam.mx

En el ciclo de la gestión integral del Riesgo a desastre, se encuentra la identificación de peligros y riesgos que pueden impactar como primer paso, para lo cual se ha encomendado al CENAPRED la integración y actualización del Atlas Nacional de Riesgos que dote al país sobre el comportamiento geoespacial de los peligros por fenómenos perturbadores, su interrelación con el sistema expuesto y su vulnerabilidad, con el fin de realizar escenarios de riesgo probables. La razón de ser de esta herramienta es servir como base para la definición de estrategias de prevención, mitigación del riesgo a desastre, así como para el ordenamiento adecuado del territorio. Por lo que se ha integrado información de todos los agentes perturbadores naturales y antropogénicos, a diferentes escalas. En este sentido se han integrado los 32 Altas Estatales de Riesgo, atlas municipales de riesgo el Atlas Nacional de Riesgos por Inundación e información de población, vivienda e infraestructura que pudiera ser afectada o que bien puede ser útil para revisar y planear capacidades de respuesta ante una emergencia. La plataforma se ha desarrollado mediante tecnologías de información de vanguardia, para poner a disposición a través de internet, visualizadores de consulta de mapas y datos, así como herramientas de análisis espacial de sistema expuesto de manera rápida y amigable, buscando que la población y los tomadores de decisiones tenga la información pertinente para prevenir y disminuir el riesgo a desastre.

SE06-73 CARTEL

AUTOMATIZANDO LOS PROCESOS CARTOGRAFICOS DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS. MODELOS DE INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE SCRIPTS EN PYTHON

Moreno Rodríguez Neith
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
nmorenor@cenapred.unam.mx

El Atlas Nacional de Riesgos es la herramienta que concentra la información geográfica y temporal de los agentes perturbadores y su interacción con la vulnerabilidad y el grado de exposición del sistema expuesto en México. El Centro Nacional de Prevención de Desastres tiene entre sus atribuciones legales actualizar la información que conforma esta herramienta para mejorar la Gestión Integral del Riesgo en el país, a través de su consulta eficiente y pública. El manejo manual del enorme volumen de datos existentes representa un reto para garantizar la eficiencia operativa del Atlas Nacional de Riesgos, por esta razón se ha optado por automatizar los procesos de recopilación, homologación y publicación de las capas geográficas que lo compone. Datos provenientes del resultado del procesamiento de imágenes de satélite, como puntos de calor, modelos de pronóstico numérico como vectores de viento e inclusive el análisis espacial de sistemas expuestos sobre diversas intensidades de fenómenos perturbadores son resultado de estos procesos permanentes de automatización de datos. El presente trabajo presenta varios ejemplos resultados de la generación de scripts en diversos lenguajes de programación, para automatizar el proceso de transferencia de datos, procesamiento y homogeneización con la plataforma existente y publicación dinámica de éstos. Entre los productos de consulta más destacados se encuentran: mapas de dirección y velocidad de viento, modelos de dispersión de cenizas de volcanes, imágenes del satélite GOES y generación de infografías sobre deslizamiento de laderas a nivel municipal.

SE06-74 CARTEL

APLICATIVO DE MONITOREO COMO HERRAMIENTA EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS

Espinosa Henández Luis Angel Salvador
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
lespinosah@cenapred.unam.mx

El visor de Monitoreo de Fenómenos es una herramienta que nos permite visualizar de manera dinámica diferentes fenómenos naturales que pueden considerarse como una amenaza para el sistema expuesto dentro del territorio nacional, en el sistema expuesto se considera la población más vulnerable que son personas menores a 12 años y mayores a 60 años así como viviendas, establecimientos de salud, escuelas, supermercados, aeropuertos, gasolineras etc. Podemos conocer de manera instantánea el comportamiento de ciertos fenómenos, por ejemplo, podemos conocer las condiciones del volcán Popocatepetl, conocer los últimos sismos, el seguimiento a la posible trayectoria de un ciclón tropical y conocer las zonas posibles de afectación. Realizando un análisis nos mostraría las ubicaciones de diferentes sistemas expuestos. El monitoreo de estos fenómenos ayudan principalmente a personas dedicadas a la toma de decisiones, en caso de algún evento, pueden movilizar personas de protección civil o de alguna otra institución a las áreas que pueden ser afectadas, gracias al dinamismo del mapa se puede implementar un plan preventivo o de recuperación en caso de algún desastre. En cuanto a la población es una herramienta útil donde pueden conocer en tiempo real el comportamiento de los diversos fenómenos y en caso de ser necesario informarse y acercarse a las autoridades de protección civil.

SE06-75 CARTEL

¿BIG DATA MODA O HERRAMIENTA? REFLEXIONES SOBRE SU USO EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Ortega Vázquez Luis Alberto
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
lortega@cenapred.unam.mx

El creciente aumento en la generación de datos mediante sensores, teléfonos celulares, redes sociales, entre otros dispositivos, ha marcado una nueva etapa en la era de la información, como muestra de ello, estudios realizados por Cisco revelan que en 1992 existía un tráfico global de internet de 100GB por día, alcanzando para el año 2016 un valor de 26.6TB por segundo. Esto representa un nuevo reto en cuanto al análisis de información, minería de datos y tiempo de procesamiento de los sistemas para obtener resultados de valor. Estadísticas de 2016 sobre la plataforma de Twitter indican que cada día se publican en promedio 6,000 tweets cada segundo, teniendo aumentos significativos ante la ocurrencia de algún evento, entre los que destacan el impacto de diversos fenómenos como los sismos, erupciones volcánicas e inundaciones. El presente trabajo es una muestra del trabajo realizado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para el desarrollo de un sistema capaz de recopilar y analizar datos obtenidos vía Twitter, el cual, en su primera fase, presenta un mapa de calor, asociado a

palabras clave relacionadas con diversos fenómenos perturbadores, en el cual se presenta una visualización de Tweets en tiempo real. Como segundo elemento del prototipo planteado, se almacenan miles de elementos para su posterior análisis mediante métodos estadístico y algoritmos de inteligencia artificial, para finalmente mostrar información de valor que permitiera dar un seguimiento ante la ocurrencia de determinado evento y ser una fuente de referencia para las autoridades encargadas de emitir alertamientos, permitiendo la identificación de posibles zonas donde se requiera mayor atención, analizar tendencias y generar pronósticos basados en la información captada.

SE06-76 CARTEL

EFFECTOS DE CLIMA ESPACIAL EN LA RED ELECTRICA NACIONAL

González Esparza Juan Américo¹, González de la Vega Jorge², Ramírez Pacheco Carlos³ y Martínez Rodríguez Lucio⁴
¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM
²Orto de México S.A. de C.V.
³Gerencia de Ingeniería Especializada, CFE
⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
americo@geofisica.unam.mx

Los efectos del clima espacial pueden afectar significativamente el uso y confiabilidad de diferentes sistemas tecnológicos como: telecomunicaciones, transporte, energía y uso de tecnologías digitales, entre otros. En particular un aspecto que ha tomado relevancia en las últimas décadas son las corrientes geomagnéticamente inducidas (GICS) causadas por el efecto de la interacción de la actividad solar con el campo magnético terrestre y las repercusiones que esto tiene en las redes de transmisión de potencia eléctrica. Por razones de seguridad nacional, es necesario evaluar el comportamiento de las GICS en el sistema eléctrico nacional y sus repercusiones en la operación del mismo. Se resalta la necesidad de evaluar con mediciones especializadas, los elementos afectados incluida la operación y monitoreo de la red y las medidas a considerar ante un riesgo de colapso parcial o total de la red eléctrica ante un evento intenso o extremo de GICS.

SE06-77 CARTEL

LA UTILIDAD DE LOS ESTUDIOS DE OPINIÓN SOBRE RIESGOS EN EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN COMUNITARIA EN MUNICIPIOS DE ALTA MARGINACIÓN

Sánchez Pérez Tomás Alberto y García García Omar
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
tsp@cenapred.unam.mx

Se presentan los principales resultados de la aplicación de 1,000 encuestas realizadas a población adulta que habita en ocho municipios de alta marginación de los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca y Guerrero con antecedentes de declaratorias de desastres recientes. Se discute la metodología utilizada para conocer la percepción psicosocial de riesgos ante fenómenos naturales perturbadores y las principales necesidades de información de la población. El estudio permitió identificar prácticas comunes en el ejercicio de los procesos de comunicación de riesgos que implementan las áreas de protección civil en los distintos niveles de gobierno, y la necesidad de fortalecer las capacidades locales para el diseño e implementación de estrategias de intervención comunitaria con base en los contextos socioculturales que caracterizan a las comunidades que habitan en condiciones de alta marginación y vulnerabilidad

Sesión especial

RASGOS GEODINÁMICOS E HISTORIA GEOLÓGICA DEL NW DE MÉXICO

Organizadores:

Jesús Roberto Vidal Solano

Alexander Iriondo

Luis Delgado Argote

Ricardo Vega Granillo

SE07-1

EL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR Y SU RELACIÓN CON LA HISTORIA EVOLUTIVA DEL NW DE MÉXICO

Pérez-Venzor José Antonio¹, Schaaf Peter², Aranda Gómez José Jorge³, Schwennicke Tobias⁴ y Cortés Martínez Mara Yadira⁴

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Instituto de Geofísica, UNAM

³UNAM Centro de Ciencias de La Tierra (Juriquilla)

⁴UABCS

japerez@uabcs.mx

El Occidente de México está ligado a la evolución geológica que ha experimentado desde el Paleozoico la margen occidental de Norteamérica, que está caracterizada por la colisión y desarrollo de orógenos generadores de arcos magmáticos continentales y oceánicos. En la península de Baja California, lo anterior está reflejado en las características de las provincias geológicas que la integran en especial en el Complejo Plutónico de La Paz, en donde se ha documentado rocas sedimentarias de edad Jurásicas así como arcos magmáticos Cretácicos, estos últimos relacionados con la orogenia Laramide y que posteriormente fueron afectados por tectónica extensional tipo Cuencas y Sierras; finalmente está la influencia de la provincia extensional del Golfo de California. El conjunto de estos eventos se reflejan en los rasgos morfoestructurales del Complejo Plutónico de La Paz así como en gran parte del occidente de México. El Complejo Plutónico de La Paz ubicado en el extremo meridional de la península de Baja California, refleja parte de esa historia del occidente de México. La presencia de rocas metamórficas de grado medio en facies de anfíbolitas que alcanzaron el desarrollo de migmatitas, implica la existencia de secuencias sedimentarias de posible edad Jurásica, posteriormente en estas secuencias metamorizadas fueron emplazados durante el Cretácico las rocas intrusivas del Complejo Plutónico que varían de gabros a granito (SS). Las edades de las rocas intrusivas y sus características geoquímicas y relaciones de campo sugieren que se desarrollaron en dos fases principales una de afinidad gabroica y edades entre 130 y 116 Ma (Dioritas y gabros) emplazada en ambiente oceánico y otra entre 100 y 68 Ma que es de afinidad granítica (granodioritas, tonalitas y granitos) emplazada en ambiente continental, ambos conjuntos plutónicos están asociados a un proceso geodinámico desarrollado en el Cretácico y que potencialmente inicio como un arco magmático oceánico hasta los 116 Ma para pasar a un arco continental a partir de los 100 Ma este último evento desarrolló un metamorfismo de contacto pero a escala regional. Actualmente estos dos conjuntos litológicos están separados por una discontinuidad regional denominada Falla de la Paz. A partir del cenozoico La región meridional es sometida a levantamiento y erosión tectónica relacionada con sistema de Cuencas y Sierras para exponer parte del Complejo Plutónico que finalmente se vio afectado por el proceso extensional del golfo de California que propicio el desarrollo de cuencas como la de San José del Cabo y El Cardonal ligadas a una tectónica extensional del golfo y que imprimió los rasgos morfoestructurales actuales a la región. El trabajo expone los rasgos morfoestructurales y geológicos del Complejo Plutónico de La Paz y sus implicaciones en la evolución geológica del NW de México.

SE07-2

GEOLÓGIA DE RECONOCIMIENTO DE LOS PLUTONES GRANÍTICOS DEL EXTREMO SE DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA

Contreras López Manuel¹, Delgado-Argote Luis A.¹ y Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
mcontrer@cicese.edu.mx

El Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) de edad Cretácico (130-90 Ma) aflora en la mitad septentrional de la península de Baja California. Es un segmento de un arco magmático desarrollado en el margen occidental de Laurentia cuyo origen se remonta al Jurásico Medio. Con base en datos aeromagnéticos y afloramientos de plutones, se estima que el arco tiene una longitud de 1400 km y una anchura de 500 km al cerrar el Golfo de California. El CBP meridional (CBPM) lo conforman plutones no deformados que afloran desde Nuevo Rosarito en la costa del Pacífico (~28.6°N) hasta el sur de la sierra El Arco (~28°N) en el centro de la península. Hacia el sur, en Baja California Sur, el batolito está cubierto por rocas del Grupo Comondú (24-12 Ma). Utilizando las sierras La Libertad y El Arco como referencia, el occidente del CBPM tiene un rango de edades U-Pb en Zr de ca. 115 a 97 Ma (plutones San Jerónimo y Compostela, respectivamente) y composiciones desde gabro hasta tonalita. En la porción oriental los plutones son de tonalita, granodiorita y granito, y están cortados por diques graníticos de grandes dimensiones (hasta 4 km) con orientaciones en arreglo ortogonal, diferenciándolo de los plutones que conforman el resto del CBP. Los plutones orientales carecen de estudios petrológicos sistemáticos. En el occidente, el CBPM intrusión una secuencia plutónica y volcánica deformada y metamorizada en facies de esquistos verdes con afinidad geoquímica de arco de islas, cuyo rango de edades varía entre ca. 164 y 139 Ma. La deformación y metamorfismo es anterior al emplazamiento de los plutones cretácicos. En el extremo oriental, cerca de El Barril en la costa del Golfo de California, las rocas encajonantes son rocas metamórficas indiferenciadas. Con base en la interpretación de imágenes satelitales, en este trabajo se presenta

la distribución de los cuerpos plutónicos del CBPM los cuales, de acuerdo con el análisis geoquímico de 18 muestras se identificó la existencia de al menos tres cuerpos plutónicos discretos que varían en composición de granodiorita a granito. Son plutones de carácter magnésiano y mataluminoso, con una tendencia cálcica a calco-alcalina. El contenido de tierras raras (TR), normalizado a condritas, presentan patrones muy fraccionados (CeN/YbN: varían de 7 a 19), están enriquecidos en TR ligeras y empobrecidos en TR pesadas. Patrones de TR similares son comunes en plutones tipo La Posta (e.g. plutón San Pedro Mártir), los cuales se emplazaron a una profundidad aproximada de 6 kbar en una corteza engrosada de afinidad continental.

SE07-3

EL CINTURÓN GABROICO DEL ARCO MAGMÁTICO CORDILLERANO EN EL W-NW DE MÉXICO: PETROGÉNESIS, GEOQUÍMICA Y GEOCRONOLOGÍA

Schaaf Peter¹, Hernández Teodoro¹, Villanueva Daniel¹, Solís Pichardo Gabriela², Arrieta Gerardo³ y Corona Pedro³

¹LUGIS, Instituto de Geofísica, UNAM

²LUGIS, Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH
pschaaf@geofisica.unam.mx

El arco magmático de la Cordillera Mexicana está caracterizado por un gran número de cuerpos plutónicos y batolíticos, en general de edad cretácica-neógena, genéticamente relacionado a la subducción de las placas oceánicas del paleo-Pacífico. Conforme al avance de los estudios de las rocas intrusivas de este arco, se logró reconocer también varios cuerpos gabroicos, inicialmente reportado por Gastil (1983). Los gabros no forman un cinturón continuo en este arco, pero se distribuyen en forma irregular entre el Peninsular Ranges Batholith (PRB) en Baja California hasta las costas de Jalisco y Michoacán. Sin embargo, en uno de los cuerpos intrusivos más grande del arco, el Batolito de Puerto Vallarta, no se han encontrado gabros hasta el momento. Las edades de los gabros varían entre 105 – 110 Ma en el norte de Baja California (PRB), 110-130 en Complejo Novillo, Baja California Sur, ~ 155 Ma en Sinaloa (región de Mazatlán), 114 Ma en Jilotlán, Jalisco y 70 Ma en Manzanillo. Frecuentemente hay un hiatus magmático entre los granitoides del arco y sus gabros. También hay cuerpos gabroicos aflorando directamente en las costas del Océano Pacífico (p.ej. Manzanillo) mientras otros se encuentran a más de 100 km de distancia (p.ej. Jilotlán). En la parte norte del cinturón dominan los gabros con olivino y piroxeno, mientras las rocas en la parte central y sur pertenecen a la serie con anfíboles. Litológicamente se pueden distinguir troctolitas, gabronoritas, microgabros y gabros con hornblenda y textura gruesa. Las firmas isotópicas de Sr y Nd son en general relativamente primitivas con 87Sr/86Sr bajo hasta 0.7032 y parámetros #Nd altos hasta +7. En el caso del intrusivo de Jilotlán se detectaron dos pulsos mágnmáticos sin consanguinidad magmática: uno con abundantes gabros y algunas tonalitas con 114 Ma (fechados por Ar-Ar en hornblenda y U-Pb en zircones) y otro con granodioritas y tonalitas, pero sin gabros, con edades de 70-75 Ma, intrusando el cuerpo gabroico. Actualmente se está investigando el contexto de los gabros en el intrusivo de Manzanillo y también en Aquila, Michoacán. Los resultados se presentaran en el congreso.

SE07-4

RESULTADOS PRELIMINARES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PALEOMAGNÉTICO DE LOS PLUTONES DE LA PORCIÓN SURESTE DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA

Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe¹, Delgado-Argote Luis A.², Contreras López Manuel² y Böhnell Harald²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
xochitl.torres@uas.edu.mx

Recientemente se han reportado datos paleomagnéticos de rocas que confirman el origen autóctono de la península con respecto al continente. En este momento el análisis se enfoca en identificar estructuras de deformación internas en la península de Baja California, atendiendo la observación de límites estructurales que sugieren una segmentación de la corteza en bloques discretos, promoviendo desplazamientos diferenciales a lo largo de la península debido a la tectónica activa. En el extremo norte del CBP, dentro del sistema de fallas de San Andrés se han cuantificado rotaciones en sentido horario desde 16° a 40° asociadas a transrotación de bloques corticales discretos e independientes a los eventos de captura de microplacas en esas regiones. Mientras que las rotaciones de los bloques en sentido horario son concordantes con la presencia de fallas laterales derechas y la magnitud de la rotación está asociada con el tamaño y la competencia de los mismos. En este trabajo presentamos datos estructurales y resultados paleomagnéticos preliminares de rocas intrusivas de la margen sureste del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) en la zona de El Barril (~28.3°N). Los intrusivos están incluidos dentro de los plutones de la Zona Este (ZE; tonalíticos a graníticos, ricos en Ilmenita y esfena), con edades de ~90 Ma. En esta zona es común la presencia de diques graníticos de Fk-Qz-Bt y Mt orientados N-S con espesores de hasta ~7m. Las soluciones cinemáticas en los intrusivos sugieren zonas de cizalla derecha orientadas hacia N157°/64°E en promedio. Se tomaron muestras con fines paleomagnéticos de 11

sitios (Ba1 a Ba11). Los sitios Ba1 a Ba7 ubicados al sureste de la zona de estudio tienen una dirección paleomagnética promedio de $348^{\circ}/43^{\circ}$ ($\#95=7.0^{\circ}$, $k=75$, $n=7$) que es concordante con la dirección esperada de $349^{\circ}/59^{\circ}$ usando como referencia el paleopolo de 90 Ma para Norteamérica. Mientras que los sitios Ba8 a Ba11 al noroeste de la zona de estudio tienen una dirección media de $33^{\circ}/48^{\circ}$ ($\#95=19^{\circ}$, $k=24.4$, $n=4$) que representa una rotación en sentido horario de 43° con respecto al mismo paleopolo de referencia. Los resultados paleomagnéticos preliminares sugieren que los sitios al oeste de la zona de El Barril se encuentran afectados por una zona de cizalla derecha, promoviendo la rotación de un bloque de corteza de manera discreta. Comprobándose la hipótesis de que existen movimientos diferenciales debidos a procesos transrotacionales dentro de la península debidos al ambiente tectónico transpresivo a la que ha estado sujeta desde el inicio de la apertura del Golfo de California, y que la estabilidad de bloques juxtapuestos se debe a la presencia de bloques de corteza más grandes y competentes que no se deforman o rotan con respecto a los más débiles.

SE07-5

REVISITANDO EL MAGMATISMO JURÁSICO EN LA REGIÓN DE QUITOVAC, NW DE SONORA, MÉXICO: ENSAMBLANDO LOS PEDAZOS DEL ARCO CORDILLERANO EN EL SW DE NORTEAMÉRICA

Iriondo Alexander
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
iriondo@geociencias.unam.mx

La región de Quitovac en el NW de Sonora fue uno de los primeros lugares en el estado donde se realizaron estudios geocronológicos U-Pb empleando la técnica convencional de ID-TIMS en zircons de rocas volcánicas y plutónicas jurásicas (Iriondo, 2001). Esos resultados geocronológicos en una unidad volcánica de pórfido de cuarzo (riolita) resultaron equívocos al obtenerse dos fracciones de zircons concordantes de diferentes edades, dentro de los límites de error de cada análisis. En ese caso en particular, se interpretó la edad más joven de 172.3 ± 0.3 Ma (1 sigma) como la mejor aproximación de la edad de cristalización de la unidad volcánica. En el caso de un granito de biotita conocido como El Chacón se analizaron dos fracciones de zircón que arrojaron edades similares dentro de los límites de error, pero se eligió la edad más concordante para estimar la edad de cristalización del cuerpo intrusivo en 165.9 ± 0.31 Ma (1 sigma). De este estudio se concluyó que las rocas volcánicas jurásicas eran significativamente más viejas que las intrusivas, apoyando las relaciones estratigráficas apreciadas a nivel regional en el NW de Sonora. Estudios geocronológicos U-Pb más recientes, empleando microanálisis en zircons utilizando un láser conectado a un ICP-MS, han permitido mejorar las edades de las unidades magmáticas del Jurásico en la región de Quitovac. La elección de los lugares de ablación fueron seleccionados a partir de una caracterización detallada de los zircons mediante microscopio petrográfico (imágenes de luz transmitida y reflejada) y microscopía electrónica de barrido (SEM) con detector de catodoluminiscencia (CL). En el caso del fechamiento del pórfido de cuarzo se obtuvo una edad de 169.6 ± 1.1 Ma (2 sigma), mientras que el del granito El Chacón la edad es de 162.2 ± 1.0 Ma (2 sigma). Muestras graníticas equivalentes del granito de biotita en la región de Quitovac, como las de La Choya y La Frutilla, dan edades similares de 161.1 ± 0.8 Ma y 164.0 ± 0.8 Ma, respectivamente. Una unidad de leucogranito que corta estos granitos de biotita arroja una edad más joven de 160.0 ± 1.8 Ma. Otras muestras de pórfido de cuarzo (riolita) en Quitovac dan edades parecidas entre 171–173 Ma, mientras que unidades piroclásticas más antiguas, basándose en relaciones estratigráficas, presentan edades más viejas entre 185–186 Ma y contienen granos de zircón accidentales con edades concordantes del Mesoproterozoico (~ 1.1 Ga y ~ 1.4 Ga). En conclusión, la secuencia volcánica del arco cordillerano en el NW de México es algo más vieja que las rocas graníticas, presentando edades entre ~ 193 Ma y ~ 169 Ma (Jurásico temprano hacia medio); las rocas intrusivas son significativamente más jóvenes obteniéndose edades entre ~ 166 Ma a ~ 160 Ma (Jurásico medio hacia tardío). Este magmatismo de arco continental está asociado a la subducción que supuestamente inició a principios del Pérmico, para establecer el arco cordillerano del SW de Norteamérica.

SE07-6

INTERPRETACIÓN PRELIMINAR PALEOMAGNÉTICA Y DE AMS DE UN INTRUSIVO HIPABISAL EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DEL NORTE DEL PROTO-GOLFO DE CALIFORNIA

Velderrain Rojas Luis Alonso¹, Vidal Solano Jesús Roberto² y Alva Valdivia Luis Manuel³

¹Instituto de Geología, ERNO-UNAM

²Departamento de Geología, UNISON

³Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
luis1523@hotmail.com

La Costa Sur de Sonora, México, se caracteriza por presentar un amplio registro volcánico miocénico, que se vio afectado en algunos sectores, por una deformación tectónica transensiva durante la etapa Proto-Golfo. Formando parte de estos vestigios volcánicos, son evidenciados cuerpos intrusivos hipabisales de textura

granofírica expuestos en distintas localidades (Guaymas, Sierra El Agua y Graben de Empalme). Estudios previos (geológicos y paleomagnéticos), enmarcan a estos intrusivos en un rango entre 14 y 10 Ma y los describen como diques y pequeños troncos. Otros estudios, específicamente en la localidad de Guaymas, muestran que un cuerpo hipabisal presenta una rotación del eje vertical de hasta de 90° en sentido de las manecillas del reloj, la cual es asociada a un sistema transtensional de tipo dextral durante el Mioceno Superior. Sin embargo, este modelo no explica el mecanismo de emplazamiento de los cuerpos, ni el evento tectónico que propició su exhumación. Nuevos datos paleomagnéticos y de anisotropía de la susceptibilidad magnética (AMS, por sus siglas en Inglés) de 11 sitios (9 sitios en la localidad de Guaymas y 2 sitios en el Graben de Empalme) de esta unidad, permiten sugerir una interpretación preliminar relacionada con la manera en la que estos cuerpos son emplazados (en forma de diques o como cuerpos tabulares), su evolución espacio-temporal y, si fueron deformados por una tectónica posterior a su emplazamiento, como un producto de la geodinámica que imperó en la región durante la formación del Proto-Golfo de California.

SE07-7

XENOLITOS Y BASALTOS ALCALINOS RELACIONADOS A LA APERTURA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Arrieta Gerardo¹, Schaaf Peter¹, Solís Pichardo Gabriela² y Hernández Teodoro¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

arrietaagerardo@hotmail.com

El margen NW de México se caracteriza por un gran número de cuerpos ígneos relacionados a la subducción, como los batolitos del Jurásico al Terciario y las distintas provincias ígneas como la Sierra Madre Occidental. Sin embargo, este trabajo se enfoca a las rocas alcalinas relacionadas a la apertura del Golfo de California. Muchas de estas rocas son basaltos alcalinos y algunos tienen xenolitos mantélicos clasificados como peridotitas y lherzolitas. Hasta ahora, la mayoría de nuestros estudios se han concentrado en la Mesa de Cacaxtla, 30 km al norte de la ciudad de Mazatlán. La Mesa de Cacaxtla es un volcán de tipo escudo con erupciones fisurales de 2 Ma las cuales contienen dichos xenolitos que además incluyen piroxenitas y granulitas con distinto grado de alteración. Los valores de SiO_2 y de MgO de las lherzolitas ($n=3$) van de 44 a 45.5 wt % y de 36.4 a 40.5 wt%, respectivamente. Los valores de $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ varían entre 0.70379 y 0.70387, posiblemente un poco alterados por el contacto con el agua de mar. Los valores de $\#-\text{Nd}$ están entre 7.6 y 8.4. Estos valores isotópicos fueron comparados con otros valores de xenolitos mantélicos pertenecientes al trasarco del Cinturón Volcánico Transmexicano, cerca de San Luis Potosí, demostrando leves heterogeneidades del manto superior. Crear una base de datos con estos valores isotópicos del manto contribuirá a constreñir mejor los valores de Nd (TDM) para las edades modelo de rocas ígneas y metamórficas en México. La Isla Isabel, 400 km al SW de la Mesa de Cacaxtla, es otra localidad con xenolitos mantélicos en productos volcánicos cuaternarios. En este trabajo se presentará una actualización de los datos petrográficos, geoquímicos e isotópicos de la Mesa de Cacaxtla y su comparación con los nuevos datos obtenidos de la Isla Isabel.

SE07-8

NUEVOS YACIMIENTOS DE PERLITA Y OBSIDIANA RELACIONADOS AL RIFTING DEL OLIGOCENO-MIOCENO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL UBICADOS EN LA PROVINCIA COSTERA DE SONORA

Vidal Solano Jesús Roberto¹ y Gómez Valencia Alejandra Marisela²

¹Departamento de Geología, UNISON

²PCT, Instituto de Geología, UNAM

jvidal@ciencias.uson.mx

Depósitos de perlita de edad Oligoceno temprano-Mioceno, que forman parte de los últimos episodios volcánicos de la secuencia volcánica bimodal de la Sierra Madre Occidental, se han encontrado ubicados en la porción centro y este del estado de Sonora. Estos yacimientos corresponden a domos-colada de composición riolítica dentro de una secuencia volcánica sin-extensional que engloba ignimbritas riolíticas y lavas andesítico-basálticas intercaladas en rocas clásticas de tipo Báucarit. Nuevos vestigios perlíticos, bajo estas mismas asociaciones estratigráficas, fueron ubicados en La Sierra Los Mochos a 50 Km al SE del poblado de Puerto Libertad en la zona costera del estado de Sonora. En esta sierra un apilamiento volcánico, relacionado al desarrollo norte del Proto-Golfo de California, cubre discordantemente a la secuencia bimodal del Oligoceno-Mioceno, donde todas las unidades son fuertemente deformadas por fallas normales, listricas y laterales ligadas a un evento transensivo ocurrido en el Mioceno superior. La presencia de este registro volcánico de la SMO en la provincia costera de Sonora, pone en manifiesto por un lado, una fuerte extensión durante el Mioceno medio capaz de aislar a la secuencia más de 150 km de los últimos vestigios conocidos al Oeste en continente y, por otro lado, la ocurrencia de nuevos depósitos de perlita y una fuente de obsidiana, que era hasta ahora desconocida en la región.

SE07-9 CARTEL

ESTUDIO PETROLÓGICO, TERMOBAROMÉTRICO Y GEOCRONOLÓGICO DE ROCAS METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO YELAPA, BASAMENTO DEL BATOLITO DE PUERTO VALLARTA

Gutiérrez Aguilar Fabián¹, Schaaf Peter², Hernández Treviño J. Teodoro³, Solís Pichardo Gabriela⁴ y Vite Sánchez Octavio¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

fabian.gutierrez.379@gmail.com

El Complejo Yelapa (CY) esta localizado en la parte norte, central y occidental del municipio de Cabo Corrientes en Jalisco, México. Es una secuencia compuesta por rocas metasedimentarias, metaígneas y migmatitas intrusionadas por cuerpos graníticos deformados. El CY es parte del Batolito de Puerto Vallarta el cual es un cuerpo de ~9000 km² expuesto en la margen occidental del Pacífico Mexicano. Los paragneises del Complejo Yelapa que afloran en la región de Chimo contienen una paragénesis mineral de sillimanita, biotita, granate, plagioclasa, feldespato-K e ilmenita. Una foliación penetrativa es predominante en éstas litologías generando una textura lepidoblástica compuesta principalmente por una intercalación de biotita y sillimanita. Los granates se encuentran como porfiroblastos presentando texturas poiquilíticas con inclusiones de biotita, plagioclasa e ilmenita. Las sillimanitas ocurren con texturas fibrolíticas y como inclusiones en biotitas. Por otro lado, los ortogneises presentes en la región de Cabo Corrales muestran una paragénesis mineral de plagioclasa, anfíbol y cuarzo, además de apatito y zircón como fases accesorias. La estructura predominante es de tipo foliada con una textura nematoblástica. Los anfíboles se encuentran como porfiroblastos subedrales con una textura poiquilítica con inclusiones de plagioclasa. Las plagioclasas tienen ocurrencias en formas eudrales generando bandas granoblásticas equigranulares con formas redondeadas y ausencia de núcleos y bordes de disequilibrio. Dos paragneises fueron estudiados por su carácter representativo en la zona de estudio, con el objetivo de elucidar las variaciones de P-T durante la evolución metamórfica del Complejo Yelapa. Por consiguiente, diagramas de equilibrio de fases fueron modelados en el sistema MnNCKFMASH. Los resultados del modelado del pico metamórfico en los paragneises muestran rangos de presión de 7-8 kbar y temperaturas entre 650-700 °C. Por otra parte, fechamientos de zircones individuales mediante LA-ICP-MS arrojan resultados de edades máximas de depósito para 3 paragneises de ~200-228 Ma con una fuente principal de ~241-273 Ma, mientras que la edad de cristalización para un orto-gneis es de ~127 Ma. Las edades de los granitos que intrusionan al Complejo Metamórfico Yelapa son ~80-90 Ma (Schaaf, 1990). Los nuevos datos petrológicos, termobarométricos y geocronológicos indican que la evolución tectónica del Complejo Metamórfico Yelapa inició con una margen pasiva en el Triásico Medio-Superior evolucionándose hacia un arco continental, por lo cual, se generó un metamorfismo regional bajo condiciones de P-T en facies de anfibolita alta con episodios magmáticos tardíos; asociados principalmente a la subducción de la placa Farallón y la placa de Norteamérica en el Cretácico Inferior-Superior. Schaaf, P. (1990). Isotopengeochemische Untersuchungen an granitoiden Gesteinen eines aktiven Kontinentalrandes: Alter und Herkunft der Tiefengesteinskomplexe an der Pazifikküste Mexikos zwischen Puerto Vallarta und Acapulco. (Dissertation), Ludwig-Maximilians Universität, München.

SE07-10 CARTEL

PREPARACIÓN DE UN MAPA LITOLÓGICO DEL SSW DE LAURENCIA (MÉXICO-USA) MEDIANTE EL EMPLEO DEL SOFTWARE LIBRE QGIS PARA VISUALIZAR LAS PROVINCIAS DE BASAMENTO PROTEROZOICO: VERANO CIENTÍFICO DELFIN 2017 (CGEO-UNAM)

Symonds Pavlovitch Alejandro¹, Mexia Durán Kevin², Núñez Flores Daisy Karina², Gareliz Granillo Irma del Carmen³, Obeso Valdez Ricardo Omar², Cordero-Rodríguez Paola Alessandra⁴, Cabrera Sillas Yesica Guadalupe², Vallejo Herrera Brian Fernando⁴, Ramírez Salamanca Gustavo Adolfo⁵, Fonseca Martínez Arlin Brighnith⁵, Lazcano Prieto Javier⁶, Navarro Castillo Mario Edgar⁶ y Iriondo Alexander²

¹Universidad Estatal de Sonora

²Universidad de Sonora, UNISON

³Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

⁴Instituto Politécnico Nacional

⁵Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

⁶Universidad de Guanajuato, UGTO

alpvlov9@gmail.com

Uno de los productos generados por estudiantes de licenciatura participantes en el Verano de Investigación Científica 2017 del programa Delfin en el CGEO-UNAM, fue la preparación de un mapa litológico del SSW de Laurencia empleando el software libre QGIS y cartografías digitales existentes. El objetivo principal de este mapa es disponer de una herramienta para planear estrategias de delimitación de las provincias de basamento cristalino proterozoico y los afloramientos de su cobertura sedimentaria paleozoica y mesozoica. La construcción de este mapa litológico requirió homogeneizar y simplificar unidades geológicas (reducción a un total de

11 unidades) de 6 mapas estatales del U.S. Geological Survey (California, Nevada, Arizona, Nuevo México, Texas y Oklahoma) y de 70 cartas geológicas escala 1:250,000 del Servicio Geológico Mexicano de la mitad norte del país e incluyendo los estados de Baja California Sur, Baja California, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. El uso de un sistema geográfico de información (software libre QGIS) facilitó el proceso de simplificación/agrupamiento para generar las once unidades geológicas utilizando criterios de edad y litología. Cabe mencionar que los mapas geológicos empleados no contenían el mismo detalle por representar escalas diferentes, pero este efecto quedó suavizado con el agrupamiento de unidades. Así mismo, se añadieron las ciudades y una red de carreteras principales para que resulte más fácil ubicarse geológica y geográficamente en esta porción del continente Norteamericano. Además, el mapa presenta una leyenda detallada mostrando y explicando las agrupaciones litológicas realizadas a partir de las unidades geológicas presentes en los mapas originales. La futura publicación digital de este mapa litológico del SSW de Laurencia, en formato de software libre QGIS, pretende, entre otras cosas, proporcionar una herramienta para establecer estrategias más efectivas para el estudio, delimitación y contextualización de las rocas de basamento cristalino que componen las diferentes provincias paleoproterozoicas (Mojave, Yavapai y Mazatzal) y mesoproterozoicas (Riolítica-Granítica en su porción Sur y Chihuahua-Llano) presentes en este margen continental, además de su cobertura sedimentaria paleozoica (secuencias cratón y miogeoclinal). También este mapa servirá para generar una estrategia para delimitar la zona de sutura Ouachita-Marathon-Sonora generada por la colisión de la porción oeste de Gondwana contra el margen SSW de Laurencia durante el Paleozoico Tardío, que supuso la amalgama final de lo que conocemos como el supercontinente Pangea.

SE07-11 CARTEL

SHALLOW STRUCTURE OF THE MARIETAS RIDGE, BAHÍA DE BANDERAS

Bandy William L.¹, Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.¹, Ponce Núñez Francisco² y Pérez Calderón Daniel A.¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

bandy@geofisica.unam.mx

The NE-SW oriented Marietas Ridge lies at the western margin of the Bahía de Banderas. Until recently, the nature of the Marietas Ridge has received very little attention in the scientific literature, although the Islas Marietas are a popular tourist attraction. High resolution, single channel seismic reflection data collected over the ridge and within the bay during the BABRIP06, MORTIC06 and MORTIC08 campaigns of the B.O. EL PUMA conducted between 2006 and 2009 provide important information which help to better understand the geology, structure and tectonic history of the Marietas Ridge. Specifically, these data in conjunction with magnetic and bathymetry data as well as the surface geology of the islands located along the Marietas Ridge indicate the following: 1. The ridge appears to be the offshore extension of the Punta Mita geologic province. 2. The ridge does not extend south of the bay, i.e. it terminates at the Banderas Submarine Canyon which runs along the southern limits of the bay. 3. The ridge in the area of the seismic profiles is covered by sediments of unknown age. These sedimentary layers are disrupted by recent faults and the layers are progressively truncated at the seafloor as they approach the ridge crest suggesting that the ridge has been uplifted. Little or no recent, unconsolidated, sediments are observed above the erosional unconformity. 4. Several negative flower structures are observed on the profiles which indicates that the ridge has been subjected to recent transtensional stresses. 5. A major N71°E oriented normal fault, down dropped to the SSE, is observed within the bay east of the Marietas Ridge. The orientation of this fault is consistent with the orientation of the fissures located within the northern bay province, fissures that were previously reported on by other investigators. This observation provides additional, and very strong, evidence that the bay area is presently being subjected to NNW-SSE directed tension. This is consistent with the transtensional (dextral component of slip) motion along the NE-SW oriented Marietas Ridge observed in the seismic reflection profiles. Acknowledgements: Funding from DGAPA Project IN113217 is greatly appreciated.

SE07-12 CARTEL

EL VULCANISMO DEL OLIGOCENO-MIOCENO DE LA SIERRA EL INFIERNO, SINALOA: ESTRATIGRAFÍA, GEOQUÍMICA Y CORRELACIÓN REGIONAL

Anaya-Guarneros Jonathan¹, Orozco Esquivel Teresa² y Ferrari Luca²

¹División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

jonathan.abimael@hotmail.com

Recientemente los estudios sobre los eventos extensionales en el occidente de México han demostrado que el inicio de la extensión que llevó a la apertura del Golfo de California es mucho más antiguo (Eoceno tardío-Oligoceno temprano) del modelo tradicional que plantea a este fenómeno como una consecuencia del final de la subducción (14- 12.5 Ma). Asociado a esta extensión se encuentran cuencas del tipo semigraben delimitadas por fallas N-S y NNO-SSE que funcionaron como control del vulcanismo del Oligoceno tardío-Mioceno temprano. A lo largo de las costas de Sinaloa, Sonora y al este de Baja California estas cuencas son rellenadas por

depósitos continentales, domos y derrames de lavas y frecuentemente intrusión por diques de composición intermedia a máfica. La Sierra El Infierno, Sin., corresponde a un conjunto de domos dacítico-riolíticos y una alternancia de lavas basáltico-andesíticas emplazados en una de estas cuencas, el Graben de Conitaca, entre 19 y 14 Ma. En este trabajo se presenta un estudio geológico a detalle que incluye petrografía, geoquímica y geocronología U-Pb en circones, que aporta nuevos datos para el entendimiento de este vulcanismo. Se compararon muestras de los miembros intermedio y superior del Grupo Comondú del área de Loreto, BCS, para establecer una correlación regional con rocas emplazadas durante este mismo periodo durante la fase inicial de la apertura del Golfo de California. Las rocas de la Sierra El Infierno fueron divididas en tres grupos de acuerdo a sus características geoquímicas. El primer grupo corresponde a traquidacitas-riolitas ($\text{SiO}_2\text{--}63\#73\text{ wt\%}$) de bajo Mg#, con texturas porfídicas y fenocristales de feldespato, plagioclasa, biotita y hornblenda. Presentan un patrón de evolución toleítico (ferroano) y señales bajas de subducción ($\text{Ba/Nb}\text{--}4.84\text{--}56.1$). Además, los patrones de elementos trazas presentan analogía con las riolitas hipercalcínicas del Mioceno reportadas en Sonora, tales como anomalías negativas en Sr y Eu, y patrones de REE relativamente planos ($\text{Gd/Yb}\text{--}1.45\text{--}1.79$). El segundo y tercer grupo corresponden a una serie de andesitas-traquidacitas y riolitas de alto Mg# con patrones de evolución calcoalcalina. Las rocas andesíticas de alto Mg de la Sierra El Infierno presentan texturas porfídicas con fenocristales de plagioclasa, biotita y clinopiroxeno, pero sus análogos en Baja California tienen una mayor proporción en cristales de hornblenda. Los patrones de elementos traza muestran un enriquecimiento relativo en LILE, Pb y Sr, y valores altos en las relaciones de Sr/Y ($\sim 20.7\text{--}72.5$) y de La/Yb ($\sim 11.9\text{--}18.8$), características similares a andesitas magnesianas post-subducción reportadas en Baja California y Sonora. Por otro lado, las riolitas presentan fenocristales de feldespato potásico, cuarzo y fases hidratadas como hornblenda y biotita, con una relación $\text{Ba/Nb}\text{--}64\text{--}132$ típica de arcos volcánicos o de magmas con influencia cortical. Además, se observa un enriquecimiento relativo en LILE y anomalías positivas en U, Pb y Nd y una ligera anomalía negativa en Sr. Financiado por Proyecto Conacyt 237745.

SE07-13 CARTEL

CARACTERIZACIÓN PALEOMAGNÉTICA DE UN INTRUSIVO HIPABISAL MIOCÉNICO EN LA REGIÓN DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO

Ramos Armenta Abraham¹, Velderrain Rojas Luis Alonso²,
Vidal Solano Jesús Roberto³ y Alva Valdivia Luis Manuel⁴

¹Universidad de Sonora, UNISON

²Instituto de Geología, ERNO-UNAM

³Departamento de Geología, Universidad de Sonora

⁴Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
abramrmos@gmail.com

Cuerpos intrusivos hipabisales de características granofíricas y de edad Miocénica, han sido evidenciados en distintas localidades (Sierra el Aguaje, bordes del Graben de Empalme y en el municipio de Guaymas) dentro de la región costera Sur de Sonora, México. En el Puerto de Guaymas, Velderrain-Rojas (2016) nombró este intrusivo como miembro Granofíro El Vigía (mGEV), el cual clasificó como un microgranito con una matriz sacaroide de Feldespato alcalino, Cuarzo y Óxidos de Fe-Ti con presencia de miarolas y, en su estudio paleomagnético mostró que posee una polaridad normal asociada a una edad de 11.056 Ma a 10.814 Ma (Mioceno Superior). Sin embargo, no fue determinada la extensión total del cuerpo en esa localidad, ni su relación con los otros cuerpos con características texturales similares reportados en otras localidades de la misma región. En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares de las propiedades magnéticas de este intrusivos en 11 nuevos sitios (108 núcleos, 219 especímenes), que se encuentran aflorando en forma de lomeríos suaves aislados, los cuales en campo presentan características petrológicas específicas y similares a las ya reportadas. Las propiedades magnéticas consistieron en determinar el ciclo de histéresis, la IRM, la medición de susceptibilidad a altas temperaturas y la elaboración de los diagramas FORC, con las cuales se pretende caracterizar y clasificar, separando los sitios, tratando de determinar la relación entre los afloramientos aislados, para definir, si estos pertenecen al mismo cuerpo intrusivo hipabisal o bien, podrían ser diferentes pulsos relacionados a diferentes etapas en el tiempo.

SE07-14 CARTEL

GEOCRONOLOGÍA DE EVENTOS DE BRECHAMIENTO Y PSEUDOTAQUILIZACIÓN DE GRANITOS CRETÁICOS EN SAN LUIS RIO COLORADO, NW DE SONORA Y LAS CRUCES, BAJA CALIFORNIA SUR

Cordero-Rodríguez Paola Alessandra¹, Iriondo Alexander²,
Mata-Chávez María Jesús³ y Ramos-Velázquez Ernesto³

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
p.cro05@hotmail.com

La localidad conocida como Monument Hill, ubicada aproximadamente 30 km al este de la ciudad de San Luis Rio Colorado en el NW de Sonora, representa

una serie de pequeños afloramientos de rocas graníticas explotadas como roca de cantera. Estas rocas graníticas fueron inicialmente descritas y fechadas por L.T. Silver mediante estudios de U-Pb en circones en 95 ± 3 Ma (reportado en Anderson y Roldán-Quintana, 1979). En este estudio presentamos un fechamiento U-Pb en circones utilizando técnicas de micromuestreo por ablación láser en conjunción con un ICP-MS obteniéndose una edad de 96.5 ± 1.2 Ma. Esta edad la interpretamos como la edad de cristalización del cuerpo granítico y, dentro de los límites de error, es igual a la inicialmente reportada en trabajos previos. A diferencia de los estudios previos, en los que estas rocas se consideraban como postdeformación, nosotros reportamos la presencia de brechamiento cataclástico cohesivo de esta unidad granítica a lo largo de bandas métricas de cizalla con orientación NNW. En estas bandas predominan las condiciones principalmente frágiles (cataclasis cohesiva), aunque localmente se encuentran algunas texturas que podrían representar condiciones de mayor ductilidad (milonitas). Esta nueva edad reportada para el intrusivo representaría la edad máxima posible de la deformación cataclástica, aunque pensamos que esta deformación es algo más joven, ya que el proceso de cataclasis sucede cuando el granito ya ha sido totalmente cristalizado y se encuentra en fase sólida. Tenemos en proceso el fechamiento 40Ar/39Ar de una muestra de material fino cataclástico que esperamos nos pueda ayudar a constreñir la edad de este evento de deformación. Por otro lado, a 1,000 km hacia el SSW, en Baja California Sur en la región de La Paz, se encuentra la Sierra Las Cruces, formada de granito y tonalita de edad cretácica delimitada al W por la falla Los Planes. En esta zona afloran pseudotaquilitas, que son rocas cohesivas de falla formadas en la zona de cizallamiento frágil-ductil hasta la zona de fallamiento frágil, por fusión local de la roca granítica y posterior solidificación (vidrio) producto de movimientos de alta velocidad. Estas rocas están puntualmente asociadas con deformación dúctil superpuesta (milonización) que es observada en la roca encajonante. Mediante el fechamiento del vidrio podemos definir el momento en el cual la falla liberó la energía para permitir la formación de la pseudotaquilita; mediante la técnica de fechamiento 40Ar/39Ar se obtuvo una edad de 85.44 ± 0.46 Ma. Interpretamos que las rocas cataclásticas presentes en los afloramientos del NW de Sonora son el resultado de metamorfismo dinámico asociado a bandas de cizalla frágil-ductil en condiciones metamórficas de esquistos verdes de bajo grado en relación, posiblemente, a compresión laramida durante el Cretácico Tardío-Terciario temprano. Por otro lado, el movimiento de la falla asociado al evento de pseudotaquilitización del granito Las Cruces BCS, tiene lugar en el Cretácico Tardío un poco después de su cristalización estimada por estudios de U-Pb en 97.9 ± 1.2 Ma.

SE07-15 CARTEL

INTERACCIÓN DE ROCAS INTRUSIVAS Y METAMÓRFICAS EN EL BATOLITO DE PUERTO VALLARTA (ZONA DE PUNTA MITA), EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS, PETROGRÁFICAS Y GEOCRONOLOGICAS. (AVANZE PRELIMINAR)

Vite Sánchez Octavio, Schaaf Peter, Gutiérrez Aguilar Fabián,
Hernández Treviño J. Teodoro y Solís Pichardo Gabriela
Instituto de Geofísica, UNAM
tavo_39_1@hotmail.com

La margen convergente occidental de México ha sido objeto de estudio debido al desarrollo de cuñas orogénicas y formación de orógenos. La relación entre los cuerpos intrusivos y metamórficos generados en este margen por la subducción han sido expuestos, creando un panorama ideal para el análisis de estos tipos de roca formados en estas condiciones. Existen muchas zonas en las que no se ha desarrollado ningún tipo de investigación, donde el entendimiento de la relación entre los grandes cuerpos batolíticos y las rocas metamórficas asociadas a ellas no se han estudiado. Es el caso del batolito de Puerto Vallarta en la zona de Punta Mita, donde recientemente se han descubierto cuerpos metamórficos compuestos de esquistos pelíticos, orto-anfibolitas y calco-silicatos. Se ha detectado en campo la intrusión de los cuerpos graníticos sobre los cuerpos metamórficos. Los cuerpos batolíticos en la zona de Punta Mita ya han sido estudiados por diversos autores, aportando datos petrográficos, geoquímicos, geocronológicos e isotópicos. En este trabajo se aportan nuevas edades por U-Pb en zircón de granitoides de Punta Mita (79.7 ± 1.2 Ma, 75.6 ± 2.1 Ma y 74.4 ± 4.7 Ma) y datos termobarométricos obtenidos mediante EMPA en fases seleccionadas junto con la caracterización química de las fases presentes en los cuerpos graníticos. Además se presentan datos geoquímicos de elementos mayores y traza e isotópicos de Rb-Sr y Sm-Nd que permitan un mejor entendimiento del batolito de Puerto Vallarta. Las rocas metamórficas pertenecientes a un metamorfismo regional constan de tres cuerpos principales: (1) esquistos pelíticos donde la paragénesis mineral es $\text{Qz} \pm \text{Plg} \pm \text{Bt} \pm \text{Ms} \pm \text{Oxidos}$, (2) calcosilicatos $\text{Cal} \pm \text{Qz} \pm \text{Plg} \pm \text{Anf} \pm \text{Bt} \pm \text{Ep} \pm \text{Cpx} \pm \text{Oxidos}$ mientras que (3) las orto-anfibolitas presentan una paragénesis de $\text{Plg} \pm \text{Qz} \pm \text{Anf} \pm \text{Bt} \pm \text{Ep} \pm \text{Cpx} \pm \text{Ap} \pm \text{Oxidos}$. El clinopiroxeno en estas rocas puede confirmar temperaturas de 650°C y presiones de 5 Kbar al menos, además de una facie de anfibolita en su parte superior. Las firmas en elementos traza de las orto-anfibolitas revelan una fuente de arco volcánico. También se obtienen los datos isotópicos de los cuerpos anfibolíticos (Sm-Nd-Rb-Sr) para observar si existe relación o no con los granitoides (p.ej. modelos de mezcla). Los análisis de EMPA en análisis de fases seleccionadas de las orto-anfibolitas nos permitirán obtener datos termobarométricos y la clasificación química de las fases presentes para un mejor entendimiento en la evolución de las rocas expuestas. Los datos isotópicos

y los datos mediante EMPA se están adquiriendo y procesando, por lo que serán presentados de manera formal hasta la fecha de la RAUGM en el mes de Octubre de 2017.

SE07-16 CARTEL

PERFIL MAGNETOTELÚRICO TRANSFRONTERIZO PARA EVALUAR LÍMITES DE BASAMENTO PALEOPROTEROZOICO EN EL SW DE LAURENCIA: PUERTO PEÑASCO, SONORA A AJO, ARIZONA

Fragoso Anaid¹, Arzate Flores Jorge Arturo¹, Iriando Alexander¹, Lazcano Prieto Javier¹, Reátegui Walter¹, Molina Garza Roberto S.¹ y Izaguirre Pompa Aldo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ
anaid.fi@gmail.com

La presente investigación forma parte de un estudio multidisciplinario que se está realizando en la región transfronteriza entre Sonora-Arizona (suroeste de Norteamérica), con la finalidad de generar mayor información sobre los límites de las provincias paleoproterozoicas del SW de Laurencia (Mojave, Yavapai y Mazatzal). El método magnetotelúrico (MT) se ha utilizado con éxito en distintas partes del mundo para comprender mejor los límites de provincias antiguas de basamento. Los límites del SW de Laurencia en México han sido estudiados desde hace varias décadas por medio de estudios geológicos, geoquímicos e isotópicos a partir de rocas ígneas y metamórficas aflorantes en la región. El primero de nuestros perfiles MT, para analizar estos límites de basamento, se realizó entre Puerto Peñasco, Sonora, hasta Ajo, Arizona, acomodando una distancia total de ~160 km en dirección SW-NE. Se instalaron 16 estaciones con una separación variable entre ellas de 10–15 km. Se emplearon tres equipos geofísicos de MT marca PHOENIX (modelo MTUA-2000) con los cuales se realizaron mediciones por alrededor de ~16 horas por estación. La sección eléctrica que resulta tiene buena correspondencia con la información geológica disponible en superficie y con las estimaciones de grosor cortical existentes en la región (~15 a 20 km en Pto. Peñasco y ~26 km cerca de Ajo) obtenidas mediante estudios de función recepción y gravimetría. En la sección se aprecian zonas de conductividad anómala (~5 Ohm-m) debajo del extenso campo de dunas en la zona de Puerto Peñasco en el sector suroeste del perfil. Los basamentos asociados a las provincias paleoproterozoicas corresponden, en todos los casos, a cuerpos más resistivos (>4,000 Ohm-m). Los límites entre estos cuerpos presentan resistividades menores (<1,000 Ohm-m), y pudieran asociarse a estructuras reactivadas a lo largo de las suturas paleoproterozoicas originales. En la parte suroeste del perfil, se puede observar un cuerpo resistivo (<5,000 Ohm-m) que no llega a aflorar en superficie, pero que tentativamente asociamos a basamento de la provincia Mojave en el NW de Sonora. Bajo la región del campo volcánico de El Pinacate, en la parte centro-sur del perfil MT, se aprecia una zona de conductividad anómala (~1,000 Ohm-m) que se interpreta como una zona de debilidad estructural relacionada con la formación del extenso campo volcánico basáltico durante el Cuaternario. Justo debajo de esta zona volcánica, y a profundidades >40 km, se observa un cuerpo muy resistivo (entre 5,000 y 19,000 Ohm-m) que, de forma muy especulativa, interpretamos como un posible fragmento de la placa oceánica Guadalupe (parte del sistema Farallón). Es posible que este bloque quedara atrapado en la cuña del manto al cesar el proceso de subducción a los ~14 Ma (Mioceno medio), quizá en conexión con el inicio de la captura de la península de Baja California por la placa oceánica Pacífica, hipótesis que podrá ser comprobada con la próxima realización de los dos perfiles MT proyectados hacia el sur de Sonora.

Sesión especial

GEOTERMIA: EXPLORACIÓN DE RECURSOS NO-CONVENCIONALES

Organizadores:

José Manuel Romo Jones

Aída López Hernández

Luis Carlos Gutiérrez

SE08-1

POSICIONAMIENTO TECTONICO-VOLCÁNICO ANÓMALO DE LOS CAMPOS GEOTÉRMICOS DE ACOCULCO Y LOS HUMEROS, PUEBLA, MÉXICO

Garduño-Monroy Víctor Hugo
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT-UMSNH-CEMIEGEO-GEDEX
vhgardunom@gmail.com

Los campos geotérmicos de Los Humeros y de Acoculco se encuentran sobre la Sierra Madre Oriental constituida por una serie sedimentaria de afinidad tetisiana desarrollada desde el Jurásico hasta el Terciario inferior, ella afectada por un cinturón de pliegues y cabalgaduras de orientación NO-SE. Sobre este cinturón plegado y con actividad magmática intrusiva durante el Eoceno-Mioceno se desarrolla el sector oriental del Cinturón Volcánico Mexicano. Considerando la geometría obtenida hasta ahora con los estudios regionales de tomografía sísmica se puede observar que este vulcanismo se encuentra fuera de un escenario lógico de subducción, no obstante que es claro que se tiene la presencia de cámaras magmáticas activas que han ayudado a emplazar el vulcanismo calcialcalino de ambos centros caldéricos. Ya se ha hablado en trabajos previos de que en el oriente de México existe el desarrollo de una zona de vulcanismo alcalino relacionada más con la tectónica del Golfo de México. Sería muy importante comprender cuál es el escenario relacionado con estas dos calderas con actividad hidrotermal y con un gran recurso geotérmico. No obstante, debemos de entender si ambos centros son el resultado de una subducción heredada (Farallon) o bien responden a procesos de distensión-fragmentación en el sur de la placa de Norteamérica. Si este último es el modelo adecuado estaríamos concluyendo así mismo, que las estructuras NE-SO y NNO-SSE responderían a una tectónica activa que debería ser evidente en el oriente del Cinturón Volcánico Trasmexicano.

SE08-2

TECTÓNICA Y VULCANISMO ENTRE LAS CALDERAS ACOCULCO Y LOS HUMEROS; IMPLICACIONES GEOTÉRMICAS.

Gómez Álvarez Fidel¹, Garduño-Monroy Víctor Hugo¹,
Sosa-Ceballos Giovanni² y Jiménez Haro Adrián³
¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT-GEDEX
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³GEDEX
fygomaz@gmail.com

Las calderas Acoculco y Los Humeros se encuentran divididas por un alto estructural de dirección noreste-suroeste. Esta estructura se compone en su porción noreste principalmente por rocas sedimentarias terrígenas y carbonatadas de edad Jurásico-Cretácico, pertenecientes a la Sierra Madre Oriental (SMO), la cual fue configurada en una faja de pliegues y cabalgaduras durante la Orogenia Laramide del Cretácico superior-Paleoceno. Contemporáneamente a esta deformación se emplazaron cuerpos intrusivos de composición granítica-granodiorítica durante el Terciario (Oligoceno-Mioceno) que muestran una tendencia general noroeste-sureste y que son los responsables de la formación de mármol y skarn en las calizas. Otros cuerpos sub volcánicos se emplazan a finales del Terciario como la diatrema San Miguel Tenango. Después de un hiato prolongando la actividad ígnea a finales del Terciario, en la porción suroeste, las rocas sedimentarias fueron sobreyacidas discordantemente por secuencias volcánicas principalmente de composición andesítica y depósitos piroclásticos de composición riolítica-dacítica previamente a la caldera de Acoculco y que representan probablemente las fases iniciales del vulcanismo asociado a la Faja Volcánica Trasmexicana (FVTM) en la zona de estudio. La actividad tectónica regional actual controla el desarrollo de vulcanismo monogenético que se emplaza a través de fallas normales con trenes de dirección NE-SW (dando lugar a la formación de estructuras de "grabens y horsts") en forma de conos de escoria, volcanes semi-escudo, conos cineríticos, domos y maars. Estos sistemas influyen en el emplazamiento de magmas desde diferentes niveles corticales que sin embargo coexisten como en el caso de la caldera de Acoculco, donde además del vulcanismo riolítico-dacítico de edad Plioceno-Pleistoceno, también se emplazaron magmas de composición basáltica que probablemente responden a los esfuerzos regionales más que al campo de esfuerzos local regido por la propia caldera y que respondería a un #minH radial. El vulcanismo monogenético se desarrolla bajo un régimen tectónico distensivo con valores de esfuerzo diferencial superiores a los caracterizados en la mayoría de las zonas con vulcanismo poligenético con un #minH NO-SE. La cronología de las últimas fases volcánicas arroja edades inferiores a 0.2 Ma. Las fallas NE-SO controlan las cuencas actuales, por lo que se establece que son sistemas estructurales potencialmente activos que regulan el fracturamiento de las rocas que constituyen el basamento de la caldera de Acoculco, y por lo tanto influyen en el ascenso y migración de fluidos, bien ya sean propios del yacimiento o inyectados con el fin de generar fracturamiento hidráulico durante el desarrollo de un programa de exploración-explotación.

SE08-3

NUEVO MAPA GEOLÓGICO DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA Y SUS IMPLICACIONES GEOTÉRMICAS

Avellán Denis Ramón¹, Macías José Luis², Layer Paul³, Cisneros Guillermo²,
Sosa-Ceballos Giovanni², Sánchez-Núñez Juan Manuel⁴, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela², López Loera Héctor⁵, García-Sánchez Laura⁶, Reyes Agustín Gabriela², Pola Villaseñor Antonio⁷, García Tenorio Felipe², Osorio Ocampo Susana² y Benowitz Jeff⁸
¹Catedrático CONACYT, Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³Universidad de Alaska, Fairbanks, EUA
⁴CIEEMAD-IPN
⁵Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
⁶Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
⁷ENES Morelia UNAM
denisavellan@gmail.com

Se presenta el mapa geológico escala 1:20,000 de la Caldera de Acoculco, Estado de Puebla realizado en el marco del proyecto P15 del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE Geo). La zona geotérmica de Acoculco, se localiza a 35 km al NW de la ciudad de Tulancingo, Hgo. y a 23 km al SE del pueblo de Chignahuapan, Puebla, en la parte centro-este del país al este del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM). El mapa comprende un área de 856 km² e incluye una recopilación exhaustiva de mapas geológicos y literatura previa combinada con una nueva cartografía detallada de las rocas volcánicas. La estratigrafía es apoyada por la geocronología 40Ar / 39Ar y la química de las rocas. El ACC se encuentra sobre las calizas del Cretácico y sobre rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno del CVTM (12.7-3 Ma) esparcidas alrededor de la caldera. La geología de la caldera consta de 41 miembros volcánicos formados entre 2.7 y 0.06 Ma. El área trazada expone una gran variedad de formas de relieves volcánicos dentro y fuera de la frontera de la caldera como conos de ceniza, cúpulas de lava y flujos de lava fisural. Los eventos volcánicos más importantes ocurrieron hace 2.7 Ma con la formación de la caldera, hace 1.2 Ma con la emisión de la ignimbrita Piedras Encimadas y la erupción del Volcán Tecoloquillo (0-6 Ma). Sorprendentemente, después de la formación de la caldera la actividad volcánica continuo de manera intermitente hasta el Pleistoceno tardío y con actividad hidrotermal Holocénica (Canet et al., 2015) y fumarólica (Peiffer et al., 2015) reciente. Estas condiciones hacen de Acoculco una zona con potencial geotérmico en el cual se ha enfocado el proyecto GeMex entre México y la Unión Europea.

SE08-4

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE LOS MAGMAS DE LA CALDERA DE ACOCULCO; PECULIARIDADES DEL MAGMATISMO POST-COLAPSO Y SU RELACIÓN CON EL YACIMIENTO GEOTÉRMICO

Sosa-Ceballos Giovanni¹, Macías José Luis² y Avellán Denis Ramón²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNAM
giovannis@igefisica.unam.mx

La caldera de Acoculco está ubicada en la parte oriental del Cinturón Volcánico Trans Mexicano; México. El complejo caldérico ha estado activo desde 2.7 Ma, y hasta aproximadamente 60 ka, a través de reactivaciones del sistema magmático. Por lo tanto, la caldera de Acoculco es un excelente escenario para investigar la relación entre el suministro de calor magmático y los procesos de evolución que modificaron los reservorios magmáticos en un campo geotérmico potencial. Se investigaron el origen y los procesos magmáticos (mezcla, asimilación y cristalización fraccionada) que modificaron las rocas de la caldera. Los estudios se hicieron mediante petrografía, geoquímica de óxidos-trazas y análisis isotópico. La mezcla de magma se considera como el suministro de calor que mantiene activo el sistema magmático, mientras que la asimilación produjo ideas sobre la profundidad a la que se produjeron los procesos. Además, se realizó una serie de experimentos hidrotermales con el fin de restringir la profundidad de almacenamiento de un magma explosivo emplazado después del colapso de la caldera. Con el fin de discutir la evolución temporal y su relación con el yacimiento geotérmico las rocas fueron catalogadas como pre, syn y post caldera. Las rocas post caldera son riolitas percalinas, en contraste con todas las otras rocas que son subcalcinas. Nuestra investigación se centra en investigar si el colapso modificó el sistema por donde los magmas ascienden a la superficie y la profundidad a la que los magmas se estancan y registran los procesos magmáticos.

SE08-5

REEVALUACIÓN DEL MODELO EVOLUTIVO PARA LA CALDERA DE LOS HUMEROS, BASADO EN NUEVAS EDADES DE U/Th AND 40Ar/39Ar: IMPLICACIONES SOBRE SU POTENCIAL GEOTÉRMICO

Carrasco Gerardo¹, Bernal-Uruchurtu Juan Pablo¹, Jicha Brian²,
Dávila Harris Pablo³, Hernández Javier⁴ y Giordano Guido⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad de Wisconsin, USA

³IPICYT

⁴Universidad de Roma Tre, Italia

gerardoc@geociencias.unam.mx

El complejo volcánico de Los Humeros está asociado a un importante reservorio magmático que constituye la fuente de calor que alimenta al yacimiento geotérmico activo. Los Humeros se posiciona como el tercer campo geotérmico en producción en el país, con ca. 65 MW. El esquema evolutivo que hasta la fecha se ha considerado para la caldera de Los Humeros está basado en edades obtenidas por el método de K/Ar (Ferriz and Mahood, 1984). Dicho esquema propone que el inicio de la actividad volcánica ocurrió hace 460 ka, y fue seguido por el emplazamiento de numerosos domos riolíticos en la periferia de la caldera hace 360-220 ka, y por una intensa actividad eruptiva con alternancia de periodos explosivos y efusivos. Sin embargo, las nuevas edades U/Th and Ar/Ar reportadas en este trabajo para el vulcanismo pre-, syn- and post-caldera dan soporte a una reevaluación de la evolución volcánica para el complejo volcánico. Las edades obtenidas para el evento más voluminoso que se asocia a la formación de la caldera inicial de Los Humeros y que dio origen a la ignimbrita Xaltipan (115 km³ DRE) arrojó edades dentro del rango (160-180 ka), que en promedio dan una edad de 164 +/- 4.2 ka. Esta edad es mucho más joven a la reportada con anterioridad (460 ka) y resulta ser ahora posterior a un intenso periodo de actividad riolítica pre-caldérica. Los otros grandes eventos explosivos posteriores a la formación de la caldera de Los Humeros son también mucho mas jóvenes a lo reportado previamente. La gran actividad pliniana representada por el miembro Faby arroja ahora una edad de 70 ka, la cual fue seguida por la formación de la segunda caldera (Los Potrereros), en el interior de la caldera de Los Humeros, dando lugar al emplazamiento de la ignimbrita Zaragoza, con un volumen de 15 km³. Posterior a la etapa caldérica, ocurrió una fase de resurgencia en el centro de la caldera durante el periodo de 45 a 74 ka, caracterizada por el emplazamiento de domos riolíticos. La actividad del Pleistoceno tardío-Holoceno ha sido documentada en diferentes sectores de la caldera, incluyendo un extraordinario episodio explosivo de composición bimodal (traquiandesíticas y andesítico-basálticas) que incluye la erupción de diferentes bocas eruptivas de manera contemporánea durante el Holoceno. Este episodio culminó con la erupción de lavas basálticas seguidas por lavas traquíticas que representan los eventos eruptivos mas recientes del sistema magmático (< 2.8 ka). Los nuevos fechamientos representan cambios importantes en la concepción del modelo evolutivo del sistema magmático de Los Humeros demostrando una reducción significativa de la etapa caldérica de ca. 410 a 85 ka, con una etapa prolongada de vulcanismo pre-caldérico, y documentan además la existencia de un reservorio magmático muy joven (<164 ka) y de grandes proporciones con condiciones muy favorables para considerar una prolongada longevidad del sistema geotérmico.

SE08-6

INTERPRETACIÓN TRIDIMENSIONAL DE DATOS MAGNÉTICOS Y GRAVIMÉTRICOS EN LAS ZONAS GEOTÉRMICAS DE ACOCULCO Y LOS HUMEROS

Carrillo López Jonathan y Pérez Flores Marco Antonio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jonathan.carrillo.unam@gmail.com

Las zonas geotérmicas de Acoculco y Los Humeros son dos áreas de gran interés por su potencial para la generación de energías limpias. En ambos casos se pretende maximizar los beneficios aprovechando áreas de difícil explotación. Acoculco es un sistema geotérmico de baja permeabilidad, mientras que Los Humeros comprende zonas de muy altas temperaturas que no son aprovechadas. Este trabajo se encuentra en el marco del Proyecto "Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems" (GEMex). El objetivo principal de este trabajo es caracterizar tridimensionalmente las calderas volcánicas de Acoculco (Enhanced Geothermal System) y Los Humeros (Super Hot Geothermal System) mediante datos de gravedad y magnetismo. Se utilizaron dos metodologías para la interpretación de estos dos tipos de datos. La primera de ellas consistió en la utilización de procesos de realce de bordes para la identificación de estructuras regionales. En la segunda, se implementó un algoritmo de inversión 3D de contraste de densidad y susceptibilidad magnética para obtener modelos que justificaran ambos conjuntos de datos. Finalmente, se planteó un marco de inversión conjunta que aprovecha la relación petrofísica entre estos dos parámetros. Los resultados preliminares muestran un basamento de rocas ígneas entre los 3 y 4 km de profundidad. Se observan también alineamientos que parecen delimitar las calderas de ambos complejos volcánicos y que son clave para comprender la historia geológica de la región.

SE08-7

MODELOS TÉRMICOS Y DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE ACOCULCO

Avendaño-Cortés Javier^{1,2}, Gómez-Arias Efraín^{2,3}, Romo Jones José Manuel^{2,4}, Gómez Treviño Enrique^{2,4} y Barón-Sevilla Benjamín⁵

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica

³Catedrático CONACYT, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁴División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁵División de Oceanología, CICESE

mc.javier.avendano.cortes@gmail.com

Se presenta la comparación de modelos del subsuelo obtenidos al analizar el comportamiento de los campos de temperatura y de conductividad eléctrica en la zona geotérmica de Acoculco, en el sector de los pozos exploratorios EAC-1 y EAC-2. Los modelos 1D se obtuvieron a partir de un modelado térmico puramente conductivo y un modelado de conductividad eléctrica. Con información reportada en la literatura acerca de las propiedades termofísicas vinculadas a las unidades de roca que integran las columnas litológicas de los pozos exploratorios EAC-1 y EAC-2 perforados en la zona, se desarrollaron modelos térmicos en 1D puramente conductivos para simular el comportamiento de las curvas de temperaturas registradas en ambos pozos. Los modelos térmicos obtenidos presentaron un buen ajuste con respecto a las temperaturas observadas, lo que indica que los valores utilizados de conductividad térmica fueron adecuados. Los modelos 1D de conductividad eléctrica obtenidos para 2 sitios MT que coinciden con la ubicación de los pozos exploratorios, se generaron usando una inversión tipo Occam, la cual produce el modelo más simple que explica los datos. Los modelos de resistividad eléctrica indicaron zonas de muy baja resistividad (5 ohm m) posiblemente asociadas a la alteración por minerales hidrotermales a una profundidad entre 100-200 m para el pozo EAC-1, y 250-300 m en el pozo EAC-2. Además se identificó una zona conductora en el pozo EAC-1 entre 1500-3000 m de profundidad.

SE08-8

CARACTERIZACIÓN Y RESOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS USANDO SONDEOS TEM Y SEV

Avilés Esquivel Thalia Anaid¹, Flores Luna Carlos Francisco¹,
Salas Corrales José Luis² y Arango Galván Claudia²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

tavilasesquivel@gmail.com

Como parte del proyecto GEMEX (Geothermal Cooperation Europe Mexico) se están reinterpretando los datos de 425 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y 235 sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM) levantados en las décadas de 1980 y 2000, respectivamente, por la Comisión Federal de Electricidad. En los sondeos de resistividad se usó el arreglo Schlumberger, usándose en la mayoría de los casos aperturas electrónicas máximas de 2 y 3.5 km. El arreglo de espiras coincidentes fue el usado en los sondeos electromagnéticos, empleándose espiras cuadradas de 330 m de lado. Los SEVs cubren una extensa área de 194 km², los TEMs un área mucho menor de 22 km². Ambos tipos de sondeos fueron invertidos a modelos 1D de capas y Occam. Todos los modelos muestran la presencia de un medio conductor a profundidad, la mayoría de ellos con una resistividad menor a 50 #m, que muy probablemente esté producido por el casquete de minerales arcillosos de origen hidrotermal, característico de muchas zonas geotérmicas de origen volcánico en el mundo. Un patrón general de los modelos es su alta variabilidad en las profundidades a la cima y base de este conductor. En la presencia de capas conductoras a profundidad es común que los métodos de corriente directa y electromagnéticos presenten el problema de equivalencia, que consiste en que no se pueden determinar con certeza la resistividad y espesor de la capa conductora, sino solo su conductancia, que es la relación de espesor entre resistividad de la capa. En este trabajo nos enfocamos a evaluar la resolución de los parámetros de este conductor (resistividad y profundidades a la cima y base) para discernir qué parte de la variabilidad es real y cuánta es debida al problema de equivalencia. En particular, nos enfocamos a la comparación de las resoluciones de sondeos SEV y TEM cercanos para evaluar cuáles son más eficientes. Para estimar las incertidumbres de estos parámetros hacemos uso de la descomposición en valores singulares de la matriz de sensibilidad.

SE08-9

GEOTERMIA NO CONVENCIONAL EN LA PARTE SURORIENTAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, ESTADOS DE JALISCO, ZACATECAS Y DURANGO

Ferrari Luca¹, Orozco Esquivel Teresa¹, Manea Marina¹, Loza Aguirre Isidro², Levresse Gilles³, Hernández-Espriú Antonio³ y Mata Castillo Cecilia¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad de Guanajuato, UGTO

³Facultad de Ingeniería, UNAM
luca@unam.mx

Una clase importante de áreas geotérmicas no convencionales se relacionan con anomalías térmicas no asociadas a cámaras magmáticas del Pleistoceno-Holoceno, como en los yacimientos convencionales desarrollados hasta ahora en México, sino a fuentes de carácter regional. Yacimientos geotérmicos de este tipo han sido estudiados en Francia y Australia, donde la fuente de calor es producto del decaimiento de isótopos radioactivos (U, Th, K) presentes de forma natural en granitos paleozoicos y precámbricos cubiertos por capas de sedimentos con baja conductividad hidráulica y térmica. Una situación geológica similar se presenta en las cuencas extensionales del llamado "Basin and Range" Mexicano en la parte sur-oriental de la Sierra Madre Occidental (Jalisco, Zacatecas y Durango), donde existen numerosos manantiales termales con temperaturas de entre 35°C y 74°C que no están asociados a volcanismo Cuaternario y cuyo origen no ha sido explicado hasta ahora. Para contribuir al conocimiento del potencial geotérmico de esta región se está llevando a cabo un proyecto interdisciplinario entre los grupos de Geología Regional e el Hidrogeoquímica del Centro de Geociencias y el grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. El proyecto pretende integrar nueva información geológica, geocronológica, hidrogeológica, geoquímica, geofísica y modelado numérico para 1) explicar la ocurrencia de las anomalías térmicas, 2) identificar las áreas de mayor potencial geotérmico, y 3) elaborar un modelo conceptual y numérico para estimar el potencial de generación eléctrica en dos áreas específicas (graben de Juchipila, Zac. y Jal., y de Santiago Papasquiaro, Dgo.). En esta contribución presentamos los primeros resultados del estudio regional. Los manantiales termales están ubicados en los graben de Tlaltenango, Juchipila Mezquital, Santiago Papasquiaro y Santiaguillo, que se formaron durante fases extensionales Eoceno Tardío-Mioceno temprano. La estratigrafía está conformada por una espesa cubierta ignimbítica de edad Eoceno-Mioceno temprano producto de tres pulsos de volcanismo explosivos a ~51 – 43 Ma, ~38-30 Ma, y ~25-23 Ma. Asociados al segundo y tercer pulso se encuentran basaltos con características intraplaca emitidos a lo largo de fallas extensionales y algunos domo riolíticos. Esta secuencia está subyacente por rocas intrusivas de composición granítica y granodiorítica y rocas sedimentarias mesozoicas. Las cuencas extensionales están rellenas por sedimentos fluvio-lacustres de baja conductividad térmica. Esta situación geológica y tectónica sugiere que por debajo de la cubierta de sedimentos las rocas ígneas pueden alcanzar temperaturas de interés geotérmico por el decaimiento radiactivo de isótopos de K, U y Th presentes en las rocas silíceas, que se están midiendo en campo. A partir del análisis espectral de los datos aeromagnéticos se elaboró el mapa de la profundidad del punto de Curie (PPC) y de flujo de calor regional (FCR). La PPC varía entre 8 y 46 km de profundidad. El mapa de FCR muestra una serie de anomalías térmicas en la mitad oriental de la SMO, centradas en los principales grabenes, lo que apoya de manera general la hipótesis del proyecto. Estudio financiado por el proyecto PAPIIT IV100117.

SE08-10

CIRCULACIÓN DE FLUIDOS Y SISTEMA ESTRUCTURAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRITOS COLORADOS (CALDERA VOLCÁNICA DE LA PRIMAVERA, JALISCO) MEDIANTE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Bolós Xavier, Cifuentes Nava Gerardo, Macías José Luis, Sosa-Ceballos Giovanni, García Felipe, Albor Mariela, Juárez Mónica y Gámez Víctor
Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
xbolos@igeofisica.unam.mx

La actividad hidrotermal en calderas volcánicas es consecuencia de la transferencia de energía entre la cámara magmática y las capas de agua sub-superficiales. Este sistema hidrotermal es generado por la convección del agua subterránea meteórica y por el ascenso de gases volcánicos calientes de reservorios de magmas profundos. Las calderas son estructuras geológicas heterogéneas que a causa de su formación y evolución producen una compleja estratigrafía. Las diferentes unidades estratigráficas de la caldera contribuyen a la formación de niveles mas permeables. Todas estas heterogeneidades pueden ser afectadas por deformación y por la presencia de fracturas y fallas, las cuales constituyen los principales caminos por donde los fluidos hidrotermales pueden moverse fácilmente y manifestarse en la superficie en forma de manantiales y actividad fumarólica. Los métodos geofísicos han sido usados en la última década para investigar la relación entre la geología estructural y el sistema hidrotermal en diferentes zonas volcánicas alrededor del mundo. Este trabajo se centra en el papel de las estructuras sub-superficiales para entender y localizar la circulación de fluidos relacionados con el sistema hidrotermal del campo geotérmico de Cerritos Colorados. Concretamente, en la zona central de la caldera (pozo P12 y graben de Cerritos Colorados) donde la actividad hidrotermal

se evidencia con fumarolas, anomalías hidrotermales, emisiones de CO₂ difuso, y precipitación de sulfuros. También se ha aplicado potencial espontáneo (SP), que combinado con las medidas de temperatura permiten la identificación de las principales zonas de infiltración y ascenso de fluidos. A partir de estos datos se ha aplicado el método de la tomografía eléctrica (ERT) en dos zonas seleccionadas. Un perfil de ERT de 1.2 km de longitud se realizó en el área de pozo P12 y paralelamente en la zona del graben de Cerritos Colorados se llevó a cabo un modelo de resistividad 3D usando el método ecuatorial. Combinando los resultados de los datos de SP, T°C, y ERT con el mapa estructural de detalle, hemos identificado las principales zonas de desgasificación (fumarolas) las cuales corresponden con las zonas de alta permeabilidad localizadas a lo largo de fallas normales y strike-slip. En conclusión a partir de los nuevos datos obtenidos se deduce un fuerte control estructural de las manifestaciones hidrotermales superficiales con lo que estos resultados enfatizan la importancia de los viejos límites estructurales que son controlados por las estructuras tectónicas intra-caldera. El presente trabajo representa un paso adelante en la caracterización geológica de estas áreas para futuros fines de exploración y explotación geotérmica.

SE08-11

EXPLORACIÓN GRAVIMÉTRICA DENTRO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LA SIERRA DE LA PRIMAVERA, PARA EVALUACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS

Padilla Lafarga Andrea Alejandra¹, Escobedo Zenil David², García Serrano Alejandro², Cifuentes Nava Gerardo³, Cárdenas-Soto Martín³ y Núñez Cornú Francisco Javier³

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVoc

²Departamento de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM
ing.andrea.padilla@hotmail.com

La Sierra de la Primavera se ubica al occidente de la ciudad de Guadalajara, Jal. En el pasado ha estado caracterizado por una actividad vulcano-tectónica importante y en la actualidad por un sistema hidrotermal activo a una profundidad de 2- 3km en el centro de la caldera, aunque su delimitación no se encuentra bien definida. Estudios anteriores, se han basado principalmente en la geología de la superficie y la topografía. Dada la necesidad de evaluar las zonas con actividad geotérmica, en este trabajo se presentan los resultados preliminares de la primera campaña de adquisición de datos gravimétricos del proyecto P-24 Exploración sísmica pasiva y magnetotélúrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera con una duración de una semana realizados en septiembre 2017 y utilizando dos gravímetros CG-5 de la marca Scintrex. Además, se ha realizado un levantamiento geodésico en el área usando dos GPS diferenciales marca Trimble. El procesamiento de los datos de gravedad permitió delimitar las principales características de la estructura de la Sierra de la Primavera obteniendo un modelo gravimétrico local.

SE08-12

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA GEOTÉRMICA LA ESCALERA, MICHOACÁN, MÉXICO

Mendiola Pimentel Luis Alberto^{1,2}, Garduño-Monroy Víctor Hugo³, Jiménez Haro Adrián⁴ y Guevara Alday Jorge Alejandro³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17 (CeMIEGeo P17)

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigación en Ciencias de la Tierra, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17

⁴Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17
atome.lamp78@gmail.com

Hasta ahora Michoacán es uno de los estados en México que contiene algunas de las zonas geotérmicas más importantes en el país; en él existen sistemas geotérmicos de alta, mediana y baja entalpía (ej. Los Azufres, Ixtlán de los Hervores, Arará, San Agustín del Maíz, Los Negritos, etc.). Una nueva zona que no había sido reportada con anterioridad parece tener características geológicas que sugieren un potencial relacionado a un sistema geotérmico de mediana entalpía. El área geotérmica de La Escalera se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de Morelia en el borde sur de la caldera del mismo nombre, la cual abarca la porción centro y sur de la Sierra Mil Cumbres y a su vez colinda al sur con la Depresión del Balsas con las formaciones de Tafetán y Tzitio. El basamento está formado por la formación de Tzitio compuesto por conglomerado, arenisca y limonitas del Cretácico superior, sobreyaciendo a la formación Tzitio se encuentra la formación Tafetán compuesta por limonitas, areniscas, micro-conglomerados y conglomerados del Oligoceno-Mioceno (Pasquare et al., 1991), posterior a la formación Tafetán se encuentra depositada la Sierra Mil Cumbres que está conformada por el Complejo Volcánico Garnica (23 a 17 Ma), la Caldera la Escalera (22.3 a 19.8Ma), Caldera de Atécuaro (19.5 a 15.9Ma) y el Complejo Volcánico Indaparapeo (17 a 14 Ma) (Gómez-Vasconcelos 2012). El análisis morfológico estructural muestra cuatro direcciones principales de lineamientos de orientación NE-SO, NO-SE, E-O y N-S. La zona de manifestaciones hidrotermales tiene descarga en las Ignimbritas La Escalera y superficialmente mide aproximadamente 50 metros de longitud siguiendo el cauce del río Agua Tibia de dirección NO-SE. En el trabajo de campo se identificaron cuatro familias de fallas: la primera de ellas corresponde a fallas normales de dirección preferencial NE-SO, el segundo

sistema de fallas es de dirección NNE-SSO, el tercer grupo de fallas presenta una orientación NE-SO, estas estructuras presentan la mayor cantidad de flujo de aguas geotérmicas, por último un sistema de fallas que tiene una direcciones NO-SE, a este sistemas de fallas no se observa la presencia de manifestaciones hidrotermales asociadas. Los resultados muestran que las estructuras asociadas a la presencia de manifestaciones hidrotermales en superficie, están asociadas con el sistema de fallas Morelia- Acambay el cual se encuentra activo desde el Mioceno al Reciente.

SE08-13

MEDICIÓN DE FLUJO DE CO₂ Y CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE AGUAS TERMALES EN LOS SITIOS LA ESCALERA Y AGUA CALIENTE, MICHOACÁN

Pérez Zárate Daniel¹, Jácome-Paz Mariana Patricia², Estrada Murillo Aurora², Prol Ledesma Rosa María³ y Magaña Torres Elizabeth³

¹CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
depez@igeofisica.unam.mx

La exploración de zonas geotérmicas actualmente es considerada como una estrategia nacional para el desarrollo de energía geotérmica en México. A través de la Secretaría de Energía se autorizaron proyectos estratégicos para la exploración de nuevas zonas de interés geotérmico. Entre las zonas se encuentra el estado de Michoacán el cual presenta un ambiente geológico favorable para la formación de manifestaciones geotérmicas promisorias, como es el caso de los manantiales termales observados en La Escalera y Agua Caliente pertenecientes a los municipios de Charo y Tzitzio, respectivamente. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la medición de flujo de CO₂ y la caracterización geoquímica de aguas termales en La Escalera y Agua Caliente. Dichos resultados fueron obtenidos durante la temporada de seca. En ambas zonas los flujos difusos de CO₂ en la superficie del suelo fueron medidos usando la técnica de cámara de acumulación. Una cámara West System® implementada con un detector infrarrojo LICOR LI-800 y con un sistema flotante fue utilizada para realizar las mediciones en suelo y sobre agua. Los flujos totales de CO₂ y mapas de distribución son reportados. Por otro lado, se realizó la recolecta de muestras para evaluar la geoquímica de agua. Las muestras analizadas en La Escalera muestran un pH de 6.7±0.1, una temperatura de 48±2 °C y valores de sílice de 40±5 mg/l, mientras que en Agua Caliente se observan valores entre 6.2-8.5 de pH, 25-42 °C y 25-31 mg/l de sílice. La composición química de las muestras de agua fue obtenida mediante cromatografía iónica. Los resultados geoquímicos y especiación son reportados. Con los resultados obtenidos en este estudio y debido a la tectónica local de las zonas exploradas, se continuará con la exploración geoquímica para obtener un estudio más detallado de las manifestaciones hidrotermales observadas.

SE08-14

SISMICIDAD RECIENTE DEL VOLCÁN CEBORUCO

Chávez Méndez Marcela Ivonne, Núñez Escribano Diana, Núñez Cornú Francisco Javier, Sandoval Hernández Juan Manuel y Alarcón Salazar Edgar
Universidad de Guadalajara, UdeG
marcelaivonnechavez@gmail.com

El Volcán Ceboruco está localizado en el extremo occidental de la denominada Faja Volcánica Transmexicana en el estado de Nayarit, alcanza una altitud de 2280 msnm y se le clasifica como un estratovolcán. Se le considera uno de los volcanes más activos de la región ya que ha producido flujos de lava de espesores considerables y erupciones que han dado origen a calderas. La actividad del Ceboruco está dividida en cuatro etapas, donde en los últimos 1000 años ha tenido 8 erupciones identificadas. Actualmente, en la parte superior del volcán se observa actividad fumarólica cuyas temperaturas oscilan entre 20° y 120°C; además, se han identificado temblores volcánicos de alta frecuencia. De acuerdo con la historia eruptiva del volcán, las amenazas más probables en caso de actividad se deberían a derrames de lavas, caída de ceniza y formación de flujos piroclásticos y lahares. Como parte del proyecto P-24 Exploración sísmica pasiva y magnetotélurica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera, se instaló una red sísmica temporal de 25 estaciones modelo Obsidian (Kinematics) con sensor Lennartz LE3D-lite de 1 Hz, en un arreglo de 15 x 15 km en el periodo de noviembre 2016 a julio 2017 en los alrededores del volcán. En este trabajo se presenta un análisis preliminar de la sismicidad registrada por esta red. Como parte de este análisis, se ha elaborado la base de datos en el sistema Antelope y se han generado los sismogramas diarios (helicorders) para determinar el número de eventos por día y por estación. Finalmente, se realizó una primera localización automática y, en la actualidad, se están revisando dichas localizaciones de todos los sismos encontrados de forma manual.

SE08-15

COMPLEJO VOLCÁNICO LAS DERRUMBADAS, MÉXICO. UN ESCENARIO GEOLÓGICO FAVORABLE PARA LA EXPLOTACIÓN GEOTÉRMICA.

Trujillo Hernández Noemí, Jiménez Haro Adrián, Guzmán Cervantes Consuelo
Selene, Garduño-Monroy Víctor Hugo y Dávalos Pérez Vélez Ana María
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH y CeMIE-Geo
mimi_aes@hotmail.com

En este trabajo se define el contexto vulcanotectónico del Complejo Volcánico Las Derrumbadas, Puebla. El área de estudio se ubica dentro del sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y cubre un área de 285 km², donde existe una gran diversidad de centros volcánicos, como conos de escoria, anillos piroclásticos, diques y domos. El estudio se realizó por medio de análisis geológico-estructural, estudio litoestratigráfico, datación realizada por el método ⁴⁰Ar-³⁹Ar, análisis geoquímico y petrográfico. Esto permitió definir dos importantes ambientes geológicos: 1) el basamento, representado por rocas calcáreas del cretácico y 2) un vulcanismo conformado por intrusivos del Pleistoceno temprano que metamorfozaron a la roca encajonante y un vulcanismo extrusivo del Plio-Cuaternario. La composición total de rocas de los magmas emitidos es muy variado: presentando composiciones de basalto, andesita basáltica, traquiandesita basáltica, andesita, traquiandesita y riolita. Esta variedad composicional, el análisis de los diagramas Harker, diagramas multielementos y su relación espacio-temporal, proponen que las rocas se formaron a partir de magmas de un mismo origen, los cuales fueron modificados por diferentes procesos magmáticos, principalmente por cristalización fraccionada. La característica geomorfológica más representativa del área de estudio corresponde a dos domos riolíticos con alturas de hasta 3476 msnm y presentan un volumen de aproximadamente 12,71 km³. Estos domos tienen resurgimientos y en conjunto representan el vulcanismo más reciente en el área, mostrando edades que van desde el Pleistoceno medio hasta el Holoceno. Mineralógicamente, estas estructuras tienen grandes similitudes, en donde se observan microfenocristales parcialmente desarrollados de plagioclasa, sanidino, hornblenda y en menor medida, granate, todos ellos embebidos en una matriz vitrocristalina con microlitos de plagioclasas. Estructuralmente, se identificó que las rocas del yacimiento presentan una compleja red de fallas y fracturas ligadas en primer lugar a la deformación plicativa post mesozoica caracterizada de acuerdo a Hancock, 1985, por fracturas de tensión AC y BC, también por fracturas de cizalla HK0 respecto de A y respecto a C así como por fallas inversas NW-SE y fallas laterales conjugadas NE-SW; en segundo lugar a la etapa de distensión del orógeno representada principalmente por fallas normales de dirección NW-SE; por último por fallas y fracturas de dirección NE-SW ligadas a la dinámica del graben de libres oriental, este último con evidencias de actividad reciente. El análisis del fracturamiento realizado en las rocas que contienen al yacimiento muestra valores importantes de intensidad del fracturamiento que en combinación con la tectónica activa sugiere condiciones favorables para la circulación del flujo de fluidos en el sistema geotérmico. Con base en los resultados de este trabajo se define al Complejo Volcánico de Las Derrumbadas, Puebla, como un escenario geológico con potencial para la explotación de un sistema geotérmico por lo menos de mediana entalpía.

SE08-16

INTEGRACIÓN DE DATOS DE INVERSIÓN GEOFÍSICA 3D Y 2D EN UN MODELO TRIDIMENSIONAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RESERVORIO GEOTÉRMICO DE SAN AGUSTÍN DEL MAÍZ, MICH.

Mastache Román Edgar Agustín, Gutiérrez Carmona Dulce María
Elizabeth, Garduño-Monroy Víctor Hugo y Hernández Trujillo Noemí
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Centro Mexicano
de Innovación en Energía Geotérmica, UMSNH-CeMIEGeo P-17
geomastache@yahoo.com.mx

El poblado de San Agustín del Maíz está situado en el borde sur del Lago de Cuitzeo en el estado de Michoacán y pertenece a la porción central del Cinturón Volcánico Transmexicano. De acuerdo con estudios realizados por la Comisión Federal de Electricidad y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en esta zona se infiere la existencia de un reservorio geotérmico de mediana a baja entalpía. Con el fin de estudiar y caracterizar dicho reservorio, entre 2014 y 2017 se realizaron diferentes campañas de adquisición de datos geofísicos mediante las técnicas de magnetometría, tomografía eléctrica y sondeos magnetotéluricos por parte del proyecto 17 del CeMIEGeo, además de la obtención de la base de datos gravimétricos proporcionada por INEGI. A partir de la inversión 2-D y 3-D e integración de los datos adquiridos se ha logrado construir un modelo tridimensional del reservorio geotérmico de San Agustín del Maíz, el cual se presenta en este trabajo. Se interpretaron cinco unidades litológicas y dos estructuras importantes, siendo éstas últimas una falla en dirección NNO-SSE que hemos nombrado como falla El Porvenir y un intrusivo andesítico. De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la integración de los métodos geofísicos y datos geológicos se ha propuesto que el reservorio geotérmico probablemente se encuentra en la unidad de las Andesitas fracturadas Mil Cumbres y en el granito que presenta alteración asociada a la falla El Porvenir, también se infiere que esta zona podría estar influenciada por corrientes de convección de fluidos geotérmicos que podrían estar conectados con

la fuente de calor a profundidad. La zona en superficie de mayor interés geotérmico sería principalmente a lo largo de la Falla-El Porvenir, debido a que esta presenta la mayor permeabilidad y cercanía a la posible fuente geotérmica.

SE08-17

ANÁLISIS GEOMÉTRICO Y CINEMÁTICO DE FALLAS Y FRACTURAS EN EL BORDE SUR DEL LAGO CUITZEO, MÉXICO: IMPLICACIONES PARA EL FLUJO DE FLUIDOS EN EL SISTEMA GEOTÉRMICO.

Gaitan Ramirez Maria Felix¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño-Monroy Víctor Hugo³

¹Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17 (CeMIE Geo P17)
marigaitan@live.com.mx

El análisis geológico estructural es parte integral de la fase de exploración geotérmica, ya que dentro de esta se deben analizar los campos de esfuerzos y las. A partir del estudio de las características tectónico-estructurales, el análisis estadístico y cinemático del fallamiento y fracturamiento se han definido sitios estratégicos en el borde sur del Lago de Cuitzeo, en los cuales las características estructurales han influido favorablemente en el incremento de la permeabilidad mediante la creación de conductos que fomentan, aumentan y dirigen el flujo de fluidos en el reservorio geotérmico. Las zonas termales de Chucándiro y San Agustín del Maíz son escenarios estructurales definidos como Mayor normal faults and faults intersections respectivamente, en los cuales interactúan estructuras de dirección ENE-WSW pertenecientes al sistema de fallas Morelia-Acambay y NNW-SSE, heredadas del Basin and Range. De otro lado, la zona de Araró es un escenario estructural de step over entre la falla Araró-Zimiraó y la falla que limita al sur al graben de Araró, ambas de orientación E-W también pertenecientes al Sistema de Fallas Morelia Acambay (SFMA). El análisis cinemático en el área estudiada muestra dos principales etapas de deformación donde la más reciente está relacionada a un campo de esfuerzos caracterizado por fallas normales con una leve componente lateral izquierda donde el SHmin= N30°W y donde el esfuerzo principal máximo #1 es subvertical. El análisis estadístico del fracturamiento muestra tres sets principales de fracturas que son: E-W (subhorizontal y vertical), ENE-WSW (vertical) y NNW-SSE (vertical), el primero agrupa fracturas rellenas por minerales con espesores milimétricos mientras que los dos últimos presentan fracturas con rellenos de centímetros de espesor. Los mecanismos focales cercanos a la zona de estudio se observa una dirección de máxima extensión de orientación NW-SE que es congruente con el análisis cinemático realizado en las estructuras del SFMA. Los resultados indican que las familias de fracturas con mejores propiedades para conducir fluidos por sus características geométricas y por estar óptimamente orientadas al campo de esfuerzos actual son aquellas de orientación NE-SW, ENE-WSW y NNW-SSE; las dos primeras condicionando a los fluidos de manera horizontal mientras que la última de manera vertical, este es uno de los factores que justifican la distribución de las manifestaciones hidrotermales en superficie.

SE08-18

EVOLUCIÓN TECTÓNICA - ESTRUCTURAL DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LAS TRES VÍRGENES Y LA CALDERA DEL AGUAJITO, BC, MÉXICO: IMPLICACIONES EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA GEOTÉRMICO

Jiménez Haro Adrián¹, Garduño-Monroy Víctor Hugo², Macías

José Luis³, Ramón Avellán Denis³ y Osorio Ocampo Susana²

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
adrianjh@hotmai.com

La zona de estudio se localiza en un contexto tectónico activo controlado por fallas de carácter regional ligadas a la apertura del Golfo de California; estructuras como las fallas transformantes destrales, Carmen y Farallón de orientación preferencial NW-SE, las cuales delimitan en su porción suroccidental a la cuenca oceánica de Guaymas y que se extienden desde el océano internándose al continente para controlar la geometría del fallamiento y del fracturamiento que afecta el área del CVTV; fallas principales como la Mezquital, El Campamento, Reforma y El Azufre de orientación NW-SE son evidencias de esta interacción. Así mismo, estructuras de orientación NE-SW y NNESSW secundarias a las principales como la de Cimarrón, el Mosquito y estructuras paralelas han actuado como fallas de R, R' y Y, controlado el emplazamiento, distribución y evolución del vulcanismo en el CVTV y en la caldera del Aguaquito actuando como fracturas eruptivas regionales. El Complejo Volcánico Tres Vírgenes (CVTV) consta de tres estratovolcanes alineados en dirección NNE-SSW, la caldera del Aguaquito forma el límite nororiental de este alineamiento; en orden cronológico de mayor a menor son: El Aguaquito, El Viejo, El Azufre y La Virgen. La alineación sigue la traza de la falla lateral izquierda Cimarrón que ha controlado el emplazamiento y evolución de estas estructuras volcánicas. El CVTV se construyó sobre el batolito cristalino (~ 99 Ma), el cual no se

ha cartografiado en superficie sin embargo se ha encontrado en los pozos del campo geotérmico, a este le sobreyacen rocas volcanosedimentarias del Mioceno del Grupo Comondú (Andesita Santa Lucia), el Basalto La Esperanza (7.64 ± 1.16 Ma), rocas volcánicas y epiclásticas del Plioceno tardío a Pleistoceno los depósitos volcánicos de la caldera de Aguaquito y por último el CVTV. El análisis cinemático en las fallas del área muestra una dirección de SHmax regional N05W, sin embargo a nivel local la relación de esfuerzos cambia de acuerdo a la geometría y orientación de cada estructura. Por ejemplo la falla cimarrón tiene indicadores cinemáticos que muestran una historia compleja de movimiento, comportándose en periodos como falla normal y en otros como falla lateral. Actualmente de acuerdo al análisis de los mecanismos focales de la región se puede observar que esta estructura se está comportando como una falla lateral izquierda lo que genera que las condiciones de estrés en el sistema geotérmico cambien en relación a la permeabilidad secundaria traducida en el flujo de fluidos. Durante esta etapa el movimiento de los fluidos es preferentemente vertical siguiendo estructuras de orientación N-S NW-SE y NNE-SSW.

SE08-19

MONITORING OF LAS TRES VÍRGENES GEOTHERMAL FIELD USING SEISMIC NOISE CROSS-CORRELATIONS

López Mazariagos Erik Alberto¹, Calò Marco² y Lermo Samaniego Javier Francisco³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Ingeniería, UNAM
der_dunkelheit@hotmail.com

In this study, we analyzed the possibility of measuring the temporal variations of the seismic velocity field in the Las Tres Vírgenes Geothermal (Baja California Sur, México) field by using the Moving Window Cross Spectrum (MWCS) analysis over the Empiric Green's Functions (EGF) reconstructed from the cross-correlation of continuous seismic records of the year 2012. We analyzed the corresponding data of 7 broad band stations and applied a data processing, which included decimation, 1-bit normalization, spectral whitening and filtering to the signals to proceed with the daily cross-correlations for each station pair. The analysis was made between a 7 day EGF's stacking compared with the whole year EGF's stacking. Due to the proximity of the stations the method has low resolution for central periods larger than 1.5 seconds. After the data processing, the temporal variation of seismic waves velocity curves (dv/v curves) were constructed using the MSnoise code. Then we optimized the input parameters to reach high resolution dv/v curves, allowing to observe the temporal variations of velocity caused by natural phenomena such as annual atmospheric temperature variations and dynamic triggering associated with strong seismic events that produced a decrease of the seismic velocity of 0.3- 0.4% in the geothermal field. Furthermore, fluctuations of the seismic velocities due to fluid injection activities in the geothermal field were observed. A regionalization of the measured velocities variations between different pairs of stations allowed observing the regions affected because of injection variations and also the region affected by the dynamic triggering. The temporal variations observed in this study can be interpreted as changes in the stress state of the medium caused by the human activity and external natural phenomena that affect the geothermal field.

SE08-20

TOMOGRAFÍA MEDIANTE CORRELACIÓN DE RUIDO SÍSMICO APLICADA AL CAMPO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Ramos Avila Valente¹, Calò Marco² y Lermo Samaniego Javier Francisco³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Ingeniería, UNAM
valente_rav@hotmail.com

Las Tres vírgenes, ubicado en la península de baja california, es un campo geotérmico actualmente en operación. Se han realizado diversos estudios con el objetivo de caracterizar el campo, pero hay pocos estudios tomográficos publicados a la actualidad. En este trabajo se presenta un estudio tomográfico mediante correlación-cruzada de ruidos sísmico, como técnica complementaria en el entendimiento del campo geotérmico. Para esto se utilizaron los registros sísmicos de las 10 estaciones sísmicas que operaron durante el 2012. Debido a que se observaron problemas en la sincronización de relojes de algunas estaciones, se buscaron sismos lejanos y se graficaron correlogramas para corregirlos. Una vez corregidos los registros se recalcularon las correlaciones entre cada par de estaciones y se aplicaron reconstruyendo la función de Green empírica (FGE). De dichas FGE se extrajeron curvas de dispersión mediante el método FTAN, con las cuales se obtuvieron mapas de dispersión a diferentes periodos utilizando una técnica de mínimos cuadrados amortiguados y pesados. El tamaño de celda de los mallados, empleado en los mapas de dispersión, se escogió mediante pruebas de resolución con datos sintéticos (checkerboard test), buscando un mallado con la mayor resolución, sin perder estabilidad en la inversión. Los mapas de dispersión resultantes se invirtieron en profundidad, generando modelos unidimensionales en cada celda del mallado. Esto permitió visualizar un modelo tridimensional del campo. El resultado, un modelo de velocidad de onda S, es comparado con un estudio de ondas de cuerpo reciente elaborado en el campo.

SE08-21

ESTUDIO DE MICROSISMICIDAD EN LA CALDERA EL AGUAJITO CON FINES DE EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Quinteros Cartaya Claudia Beatriz¹, Gómez-Arias Efraín²,
González Fernández Antonio³ y Acosta Chang José G.¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Catedrático CONACYT, División Ciencias de la Tierra, CICESE -
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIE-Geo
cquinter@cicese.mx

El estudio de eventos sísmicos de pequeñas magnitudes ($M < 3$), referidos como microsismos, ha resultado de gran utilidad en la exploración de nuevas zonas de aprovechamiento de energía geotérmica. En el marco del proyecto PO3 del CeMIE-Geo "Campaña Intensiva de Exploración Geotérmica del Golfo de California", se instaló una red temporal de 9 sismómetros distribuidos en un radio de ~500 m, en el sistema hidrotermal Agua Agría de la Caldera el Aguajito, ubicada en el Complejo Volcánico de Las Tres Vírgenes, Baja California Sur. Mediante el análisis de los datos sísmicos adquiridos, durante 35 días de grabación, se pretende identificar zonas de fracturas que podrían estar asociadas a la presencia de fluidos geotérmicos, a partir de la distribución de hipocentros, en conjunto con la estimación de mecanismos focales; estimando la localización de los sismos con distintos métodos, como por ejemplo el de doble diferencia. Adicionalmente, es estimada la relación de Poisson (ν) en términos de las velocidades de ondas P (V_p) y ondas S (V_s), con el fin de evaluar la distribución espacial de sus valores y su posible relación con parámetros (temperatura y presión) que puedan dar indicio del contenido de fluidos en el medio.

SE08-22

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL SISTEMA GEOTÉRMICO PUERTECITOS BAJA CALIFORNIA

Errasti Orozco Marcela Margarita, Rodríguez Díaz Augusto Antonio, Prol Ledesma Rosa María, González Romo Irving Antonio, Pérez Zárate Daniel y Jácome-Paz Mariana Patricia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
chelei@gmail.com

Puertecitos se localiza en la parte norte de la Península de Baja California en la costa del Golfo de California. Los procesos tectónicos asociados con la apertura del Golfo de California dieron origen a la configuración geológica reciente de Puertecitos y al sistema geotérmico que está representado por sus manantiales termales intermareales y su intensa alteración hidrotermal. Durante el presente trabajo se llevaron a cabo varias campañas de exploración geológica-geoquímica de la zona de los manantiales termales y en los puntos con alteración hidrotermal. El área de estudio cubrió desde Las Delicias al norte y hasta el Volcán Prieto localizado 10 km al sur de Puertecitos. Los manantiales presentan temperaturas que van de 56 a 74°C con pH de 6.5-6.9 y con descargas de agua y gas. El agua de las pozas termales es de tipo sódico-clorurada y se calculó el geotermómetro de sílice que indicó temperaturas alrededor de los 150°C. Actualmente los manantiales se utilizan como balnearios. Las descargas se encuentran situadas en una estructura tipo graben asociadas a patrones de fallamiento NE-SW, NW-SE y N-S estos últimos relacionados con el proceso de apertura del Golfo. La zona de los manantiales se encuentra emplazada en unidades ignimbríticas del Plioceno fuertemente alteradas y fracturadas. Las etapas de alteración se encuentran restringidas a las fallas N-S y al cruce de fallas. En el área de las pozas se presentan tres eventos de alteración: argílica avanzada, argílica y silicificación en varios pulsos con traslapes. En la periferia de las anomalías termales activas se observa alteración argílica, silicificación, zeolitización y carbonatización. Durante el último levantamiento se descubrieron otras manifestaciones que no habían sido reportadas: a) Rancho Los Olivos con manantiales intermareales con descarga de agua a 19.5°C y pH 6 y descarga de H₂S. b) Bahía Cristina presenta alteración argílica y silicificación similar a la observada en las pozas termales activas de Puertecitos. c) Zona mineralizada de azufre Los Apaches-Las Delicias. Se realizaron estudios de microtermometría en vetas de cuarzo, calcita y barita, las cuales se encontraban rellenando fracturas alrededor de los manantiales activos y zonas con alteración hidrotermal. Se obtuvieron temperaturas de homogeneización promedio en barita 148°C, en cuarzo 159°C, en calcita 129°C y azufre 110°C. Conjuntando las características litológicas, estructuras semianulares y fallas asociadas a la presencia de manifestaciones termales junto con el procesamiento de datos aeromagnéticos de la zona se podría asociar el origen del sistema geotérmico de Puertecitos a una caldera del Mioceno-Plioceno propuesta por Oskin y Stock en 2003. El Volcán Prieto, con actividad volcánica reciente (basaltos del Plioceno) y algunos derrames basálticos del Plioceno-Pleistoceno de Bahía Cristina no se consideran como la fuente termal del sistema geotérmico de Puertecitos debido a la carencia de manifestaciones hidrotermales en su cercanía. Con estos datos, se infiere que se tiene una actividad hidrotermal longeva probablemente asociado a una caldera con un control estructural.

SE08-23

INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS, MAGNÉTICOS Y GRAVIMÉTRICOS EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO

Oliver Ocaño Francisco Miguel, Romo Jones José Manuel,
Gallardo Delgado Luis Alonso y Pérez Flores Marco Antonio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
foliver@cicese.edu.mx

Existen diferentes técnicas geofísicas utilizadas para obtener imágenes del subsuelo en un sistema geotérmico y con ello, determinar la geometría del yacimiento y las propiedades físicas. Esta información es fundamental para la caracterización de las estructuras geológicas que controlan el flujo del fluido hidrotermal. Entre las propiedades físicas más significativas de las rocas presentes en los sistemas geotérmicos están: la resistividad eléctrica, la densidad y la susceptibilidad magnética (Newman et al., 2008). La técnica de inversión conjunta por gradientes cruzados desarrollada por Gallardo y Meju (2003), propone una relación funcional entre los cambios de las propiedades físicas y tiene como objetivo principal encontrar modelos subsuperficiales que contengan una semejanza estructural; aunque este enfoque se ha aplicado a diferentes combinaciones de datos geofísicos, ninguna se ha reportado en artículos científicos en exploración geotérmica. El objetivo de este trabajo de investigación es el utilizar y demostrar la aplicabilidad y alcances de la inversión conjunta en objetivos geotérmicos, para esto, se realizó un levantamiento de las tres técnicas geofísicas en un 5 perfiles distribuidos en los alrededores del campo geotérmico, en este trabajo se presentan los resultados de un perfil localizado al sur del campo, en el cual se se obtuvieron los modelos de resistividad y de inversión conjunta, en el cual se observan tres zonas bien identificadas y se correlacionan bastante bien con el modelo conceptual de Lira (2005).

SE08-24

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE MUESTRAS DE AGUA INTERSTICIAL EXTRAÍDAS DE NÚCLEOS DE SEDIMENTOS DE ZONAS DE ALTO FLUJO DE CALOR EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Batista Cruz Ramón Yosvanis¹, Peiffer Loic¹, González Fernández Antonio¹, Weber Bodo¹,
Herguera Juan Carlos¹, Kretzschmar Thomas¹, Barragán Rosa María² y Liotta Marcello³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Palermo
yosbatista13@gmail.com

A bordo del B/O Alpha Helix del CICESE, del 26 de Septiembre al 8 de Octubre de 2015 se realizó la campaña oceanográfica "Sismica 2015" en las cuencas Wagner y Consag, ubicadas en el Golfo de California. En este crucero se colectaron 18 muestras de agua intersticial en núcleos de sedimentos usando filtros tipo "Rhizon". Los análisis químicos de elementos mayores, menores y trazas, así como isotópicos ($\delta^{18}\text{O}$, δD , $\delta^{13}\text{C}$ y $87\text{Sr}/86\text{Sr}$) fueron realizados con el objetivo de identificar el origen de estos fluidos así como los procesos que participan en esta zona de alto interés geotérmico. Los datos químicos revelaron diferencias entre núcleos calientes y normales. Los núcleos calientes están enriquecidos en Cl, Br, Na, Ca, K, Sr, B y Ba y muy empobrecidos en SO_4 y Mg con respecto al agua de mar. Este enriquecimiento químico presupone la existencia de una salmuera "Brine", formada bajo condiciones subcríticas de separación de fases. El empobrecimiento en sulfato y magnesio indica procesos de interacción fluido-roca así como intensa actividad microbial bajo condiciones anóxicas. En la mayoría de las muestras la barita está ligeramente sobresaturada, lo que confirma su presencia en ambientes hidrotermales. La relación Cl/Br con valor promedio de 289 en núcleos normales confirma su origen marino mientras que en núcleos calientes un valor promedio de 324, es incluso mayor que el valor promedio de las ventilas marinas hidrotermales presentado por Von Damm, 1990. Isotópicamente se observa un empobrecimiento en δD (-4.73 a -30.48 ‰ con respecto a V-SMOW) en los núcleos calientes, lo cual también soporta la hipótesis de formación de un "Brine" bajo condiciones de separación de fases. Los núcleos normales presentan una composición química e isotópica muy similar al agua de mar (SMOW). Los isótopos de carbono tienen valores positivos en los núcleos calientes (+2.17 to +10.52‰), lo cual es muy inusual. Estos valores pueden deberse a la reducción bacteriana del CO_2 a CH_4 . En este proceso la reducción del CID (carbono Inorgánico Disuelto) puede reducirse a metano propio de valores muy empobrecidos, dejando detrás los valores del CID enriquecidos en carbono 13. Los isótopos de estroncio con valores entre 0.70929 a 0.70997 para los núcleos calientes corroboran una firma radiogénica propia de fluidos calientes mezclados que están circulando a través de fallas y sedimentos clásticos. Usando tres endmembers hipotéticos (Salton Sea brine, Cuenca Guaymas y agua de mar) se confeccionó el gráfico $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ versus $1/\text{Sr}^{2+}$, que muestra que con alrededor del 8 al 15% de un brine continental tipo Salton Sea, entre un 75 a un 82 % de fluido profundo tipo Guaymas y un cierto aporte marino se obtendría un fluido de composición similar a los núcleos calientes. El ascenso y mezcla de fluidos profundos a través de fallas activas como la falla Wagner es una hipótesis que no se descarta pero debe ser soportada con otros estudios, por ejemplo isótopos de gases nobles, que constituyen excelentes trazadores del manto.

SE08-25

EVALUACIÓN GEOTÉRMICA PRELIMINAR EN EL CENTRO DEL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE UN ESTUDIO MAGNETOTELÚRICO MARINO

Montiel Álvarez Aideliz Marimar¹, Romo Jones José Manuel¹, Constable Steven², González Fernández Antonio¹ y Gómez Treviño Enrique¹
¹CICESE
²SIO-UCSD
 aideliz@cicese.edu.mx

Los sistemas de dorsales oceánicas y fallas transcurrentes, asociados a los límites de placas, son escenarios potenciales de recursos geotérmicos. Tal es el caso del Golfo de California, donde ya se ha confirmado la presencia de anomalías térmicas importantes. La evaluación y exploración geotérmica marina es muy reciente y aún no se explotan este tipo de yacimientos en ningún lugar del mundo. Sin embargo, es importante que se evalúen los recursos potenciales que existen en el territorio mexicano y estar preparados para aprovecharlos en cuanto se superen las barreras en conocimiento y desarrollo tecnológico que actualmente impiden su aprovechamiento sustentable. Se realizó un estudio con el método magnetotelúrico marino en la parte central del Golfo de California con el objetivo de determinar si existen anomalías de resistividad que puedan asociarse a la presencia de recursos geotérmicos. Dos metodologías fueron implementadas a los datos; la metodología tradicional del cálculo de resistividad a partir del tensor de impedancias y la metodología de Solución Cuadrática, que elimina dos de los grandes problemas de investigación en el método magnetotelúrico: la distorsión de los datos debido a efectos galvánicos y la dependencia de la orientación. En este trabajo se muestran los resultados del procesamiento e inversión de los datos magnetotelúricos marinos y se discute la interpretación apoyada en literatura y otro tipo de datos.

SE08-26

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO LA CRESTA TORTUGA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA CON PERFILES ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA

Córdoba Ramírez Fernando¹, Flores Luna Carlos Francisco¹, Constable Steven² y González Fernández Antonio¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Scripps Institution of Oceanography
 cordoba@cicese.edu.mx

Este trabajo forma parte del proyecto "Campaña intensiva de Exploración Geotérmica de las Cuencas Wagner, Consag, Delfín, Guaymas y Alarcón del sistema de Rifts del Golfo de California (CeMIE-Geo P03)". La Cresta Volcánica Tortuga es un alineamiento batimétrico localizado en la parte central del Golfo de California, a 20 km de las costas de Santa Rosalía, Baja California Sur. Esta zona es interesante desde el punto de vista geotérmico por su cercanía a la Cuenca de Guaymas, a la Caldera de la Reforma y al volcán Tres Vírgenes, el primer lugar con intensas manifestaciones hidrotermales submarinas y el último un campo geotérmico en producción. El estudio consistió en la colocación de 10 receptores electromagnéticos de fondo marino (OBEM), distribuidos en dos perfiles de aproximadamente 12 km de longitud cada uno. Estos sensores registraron las dos componentes horizontales de los campos eléctrico y magnético con una velocidad de muestreo de 125 muestras/seg. La fuente empleada consistió en un bipolo eléctrico horizontal de 200 m de longitud, inyectando una corriente variable en tiempo de aproximadamente 12 Amperes. Esta fuente fue arrastrada por el buque oceanográfico Alpha-Helix del CICESE sobre los sensores OBEM manteniendo una altura de 100 m respecto al fondo marino. Los datos crudos fueron procesados con el fin de ligar las posiciones y tiempos del transmisor (el bipolo eléctrico) con las posiciones y tiempos de los receptores (campos electromagnéticos medidos). La inversión multifrecuencia de los campos eléctricos se realizó utilizando un programa 2D de elemento finito desarrollado en Scripps, presentando un buen ajuste RMS entre los datos medidos y calculados. También se realizó un análisis de sensibilidad mostrando que los datos son capaces de definir estructuras a 4 km de profundidad. Los resultados arrojan la presencia de un cuerpo resistivo (>80 Ohm-m) por debajo de los altos batimétricos en ambos perfiles, flanqueado por zonas de menor resistividad eléctrica asociada en parte a la cubierta de sedimentos. Se considera que la presencia de esta anomalía resistiva es consecuencia del ascenso de material volcánico en una zona de debilidad.

SE08-27

THE ISOTOPIC COMPOSITION OF DISSOLVED HELIUM IN WATERS TO EXPLORE GEOTHERMAL AREAS: THE CASE OF THE DEAD SEA FAULT AREA (ISRAEL)

Inguaggiato Claudio
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 inguaggiato@cicese.mx

The helium isotope composition (3He/4He ratio) is a useful geochemical tool to identify the uprise of deep fluids. In particular coupling the He isotope

composition with the 4He/20Ne ratio is possible to discriminate the percentage of mantle, crustal and atmospheric sources (Sano and Wakita, 1985). Helium is a chemically inert gas, characterised by negligible isotopic fractionation during gas-water interaction processes, therefore the isotopic composition of dissolved helium provides information about its origin and is used to evaluate origin and mixing processes of different sources (Sano and Wakita, 1985). In light of this consideration, the helium isotope composition dissolved in waters can provide information concerning the areas characterized by the high mantle contribution. Umeda et al. (2007) show that the 3He/4He ratios in thermal springs on the Kii Peninsula (Southwest Japan) are correlated to the heat fluxes. This evidence suggests the importance to analyse helium isotopes in geothermal exploration. Helium isotopic data of waters collected along the Dead Sea Fault, expressed as R/Ra values (from 0.11 to 2.14; where R is the 3He/4He ratio of a sample and Ra the 3He/4He atmospheric ratio), and the 4He/20Ne ratios (0.41–106.86) show the presence of deep-deriving fluids consisting of a variable mixture of mantle and crust end-members, with the former reaching up to 35% (Inguaggiato et al., 2016). The geographical distribution of helium isotopic data indicates a larger contribution of mantle-derived fluids affecting the northern part of the investigated area, where the waters reach the highest temperature (57.2°C). In particular, a mantle up-rise and/or deeper fault system can justify an easier ascent of mantle fluids with a larger 3He signature in the northern part of the studied area, in agreement with Segev et al. (2006). Helium isotopic data agree with the heat flux reported by Shalev et al. (2013), showing that higher contents of mantle helium (3He) occur in the northern area, where the highest heat flux of the investigated area was recognised (>100 mW/m²). References Inguaggiato, C., Censi, P., D'Alessandro, W., Zuddas, A., 2016. Geochemical characterisation of gases along the dead sea rift: Evidences of mantle-CO₂ degassing. J. Volcanol. Geotherm. Res. 320, 50-57 Sano, Y., Wakita, H., 1985. Geographical Distribution of 3He/4He Ratios in Japan: Implications for Arc Tectonics and Incipient Magmatism. J. Geophys. Res. 90, 8279-8741. Segev, A., Rybakov, M., Lyakhovsky, V., Hosfetter, A., Tibor, G., Goldshmidt, V., Ben Avraham, Z., 2006. The structure, isostasy and gravity field of the Levant continental margin and the southeast Mediterranean area. Tectonophysics 425, 137-157. Shalev, E., Lyakhovsky, V., Weinstein, Y., Ben-Avraham, Z., 2013. The thermal structure of Israel and Dead Sea Fault. Tectonophysics 602, 69-77. Umeda, K., Sakagawa, Y., Ninomiya, A., Asamori, K., 2007. Relationship between helium isotopes and heat flux from hot springs in a non-volcanic region, Kii Peninsula, southwest Japan. Geophys. Res. Lett.

SE08-28

EVALUACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL GEOTÉRMICO MEDIANTE EL CÁLCULO DE LAS TRAYECTORIAS DE DEFORMACIÓN EN LA PROVINCIA EXTENSIONAL OESTE DEL BLOQUE ANATOLIA, TURQUÍA

Guevara Alday Jorge Alejandro¹, Garduño-Monroy Víctor Hugo¹, González Silvia², Huddart David² y Magaña García Nancy¹
¹CeMIEGeo INICIT UMSNH
²Liverpool John Moore University
 aguevaraalday@gmail.com

La identificación de las estructuras que controlan en flujo de los fluidos es una de los objetivos en los proyectos de exploración de los yacimientos geotérmicos. Provincias tectónicas extensivas como es el caso de la provincia al oeste del bloque Anatolia están siendo blanco de múltiples proyectos geotérmicos donde son requeridas técnicas que delimiten zonas de interés y reduzcan riesgos de exploración geotérmica. La comprensión del campo de esfuerzos actual y de las estructuras que se encuentran favorablemente orientadas a este, resultan ser una de las principales herramientas para la identificación de zonas potenciales para el desarrollo de campos geotérmicos. La provincia extensional de Anatolia se localiza al oeste del llamado Bloque Anatolia, esta provincia extensional comenzó a formarse en el Mioceno medio producto de la extensión del backarc Helenico y el cambio del ángulo de subducción (roll back) de la placa Africana bajo la Egea. El resultado del análisis morfoestructural del área muestra estructuras con múltiples orientaciones E – O NE – SO y NO – SE (ordenadas por grado de importancia) y que han producido un complejo sistema de grabens y horst que favorece el adelgazamiento de la corteza y la intrusión de cuerpos magmáticos. La múltiple dirección de las estructuras podría estar ligado a las rotaciones dextrógiras del campo de esfuerzos que ha sido previamente descrita y que han ocurrido desde el Plioceno hasta la actualidad. Por otro lado, las trayectorias de deformación generados a través de la construcción de mecanismos focales muestran un curvamiento del campo de esfuerzo actual (#Hmin) que varía entre N360° y N30°. Estos datos permiten inferir que las estructuras E – W y ESE – WNW son las más activas y que deben de ser consideradas como objetivos para la exploración y explotación de sistemas geotérmicos en el área. Los resultados de las trayectorias de deformación serán comparados contra los mapas de estructuras y posteriormente analizado con las edades de vulcanismo del Mioceno tardío, con estos resultados se discriminará y propondrá zonas de con mayor potencial geotérmico en la provincia extensional del oeste del bloque de Anatolia.

SE08-29

INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD EN LA PERMEABILIDAD DE FRACTURAS

Varela Valdez Alberto¹, Morel Stéphane² y Hinojosa Rivera Moisés³¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo²Institut de Mécanique et d'Ingénierie, Université de Bordeaux³Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León
avarela@cicese.mx

En los yacimientos geotérmicos naturalmente fracturados, la red de fracturas condiciona en gran medida: 1) la propagación de los fluidos al interior de los yacimientos, 2) la propagación de ondas sísmicas, 3) la transferencia de calor, 4) la conductividad eléctrica, 5) el comportamiento mecánico del yacimiento, entre otros, por lo que es de gran importancia conocer el efecto preciso de las fracturas en estos fenómenos, así como la caracterización geométrica y los mecanismos de formación de esta red de fracturas a diferentes escalas; micro, meso y macro escala. El área de contacto entre las fracturas, así como el espacio de huecos entre ellas son las variables principales que influyen los fenómenos anteriormente mencionados. A su vez, el área de contacto y el espacio de huecos son una función de la rugosidad de las fracturas, el nivel de esfuerzo normal aplicado a estas, así como el desplazamiento relativo de ambas caras de la fractura y la dirección de cizalla. En el presente trabajo se presentan resultados obtenidos mediante simulaciones numéricas del comportamiento en compresión y cizalla de una fractura con rugosidad auto-afín, así como la evolución del área de contacto y el espacio de huecos (permeabilidad) en función del desplazamiento en cizalla. Con dichas simulaciones, basadas en el Método de Elementos Discretos (DEM), se encontró que: 1) es posible reproducir el comportamiento mecánico en compresión y cizalla de fracturas examinadas en el laboratorio, 2) los puntos de contacto entre ambas caras de una fractura cambian con el desplazamiento de corte obedeciendo una ley de potencia, esto independientemente del nivel de rugosidad de las superficies de fractura y 3) el desplazamiento de cizalla provoca la formación de canales perpendiculares a dicho desplazamiento, produciendo una permeabilidad anisotrópica de la fractura.

SE08-30

METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN YACIMIENTO GEOTÉRMICO UTILIZANDO EL CÓDIGO TOUGH2

Luevano García Gabriel
Comisión Federal de Electricidad, CFE
gabriel.luevano@cfe.gob.mx

Debido al exponencial crecimiento de la computación en las últimas décadas, se hace cada vez más necesario el uso de códigos numéricos diseñados para modelar sistemas físicos de mucha complejidad con muy buena aproximación. En ese sentido, el aprovechamiento eficiente de la energía en un sistema geotérmico ha llevado al uso de estos códigos numéricos para realizar modelos representativos cada vez más realistas y de esa manera hacer estimaciones y predicciones con excelentes aproximaciones. En el presente trabajo se presenta una metodología de simulación numérica de un yacimiento Geotérmico por medio del código numérico TOUGH2. Este documento discute los riesgos económicos durante el desarrollo de un proyecto geotérmico. Las generalidades de la física que subyace dentro del código numérico TOUGH2. La metodología para construir un modelo numérico que represente al yacimiento: la cual incluye un análisis de información geocientífica y de reservorios (modelo conceptual), así como la creación de rejillas irregulares, edición de rocas y archivo de entrada para calibrar el modelo natural y de producción. La metodología empleada para la construcción del modelo numérico se llevó a cabo utilizando una serie de "scripts" escritos en lenguaje de programación Python, sin embargo, no se estudió a detalle la estructura de los códigos de programación de la herramienta TOUGH2, sino que se dio más énfasis en cómo usarlos para construir un modelo. En cuarto lugar se presentan los resultados que consisten en simular la despresurización del reservorio geotérmico durante la etapa de explotación. Como última parte se presentan las conclusiones y recomendaciones. Es importante recalcar que el éxito de una simulación se basa en varios factores, siendo el más importante la experiencia y conocimiento del modelador. Además, otros factores a considerar son la confiabilidad, tanto de los datos de entrada del modelo como de las mediciones realizadas en campo las cuales son utilizadas para calibrar el estado natural, así como, el estado de producción.

SE08-31

TOMOGRFÍA EIKONAL 3D DE DATOS DE SÍSMICA PASIVA APLICADO A LA EXPLORACIÓN

Cruz Hernandez Favio¹ y Gallardo Delgado Luis Alonso²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
fcruz@cicese.edu.mx

El uso de ruido sísmico ambiental (RSA) como una herramienta en la exploración, esta apenas emergiendo. Por ejemplo, en el 2004, Shapiro y Campillo, muestran

que no hay necesidad de esperar un sismo para estudiar la estructura interna de la Tierra y estiman curvas de dispersión de velocidad de grupo de onda Rayleigh a partir de la correlación cruzada de dos registros de ruido sísmico ambiental (RSA) captados en la componente vertical de sismómetros. A partir de este trabajo, han surgido una diversidad de aplicaciones y líneas de investigación que hacen uso de mediciones de ruido sísmico para estudiar el interior de la Tierra (e.g. Sabra et al., 2005; Bensen et al., 2007; Lawrence et al., 2011; Fang et al., 2015). Por ejemplo, Bannister et al. (2015) combinan cálculos de velocidades de ondas (P y S) con atenuación (Qp y Qs) para identificar regiones anómalas de temperaturas en una zona geotérmica. En esta línea de investigación, presentamos la primera versión de un algoritmo de tomografía Eikonal 3D de datos de sísmica pasiva que utiliza tiempos de viaje a diferentes frecuencias y estima la estructura de velocidad de cortante (Vs). La metodología consiste de dos etapas, la primera es la estimación de distribución espacial (x-y) de la velocidad de fase o grupo a diferentes frecuencias y enseguida la inversión local 1D de las velocidades de fase (en z) para estimar la velocidad de onda S. El esquema puede ser aplicado utilizando tiempo de viaje de la fase o grupo de las Ondas Rayleigh. La validación del algoritmo es a través de pruebas sintéticas y con datos reales. Los resultados y discusiones son presentados en este trabajo.

SE08-32

TERMODINÁMICA DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS SUPERCRÍTICOS

Suárez Arriaga Mario Cesar
Asociación Geotérmica Mexicana, AGM
mcsa50@gmail.com

En un futuro cercano podría disminuir el suministro de petróleo en el mundo, por el aumento continuo de la demanda, acompañada por altos precios del crudo y del incremento incontrolable de la contaminación con su imparable impacto ambiental, el cual será el factor decisivo. Desde el punto de vista de la sustentabilidad ecológica, obviamente hay una necesidad urgente de sustituir los hidrocarburos con otras fuentes, diversificadas y limpias de energía primaria masiva. La energía geotérmica supercrítica es una de estas fuentes, pues es capaz de reemplazar ventajosamente a los hidrocarburos y a la energía nuclear. La geotermia profunda, durante el lapso de la vida humana, representa un potencial prácticamente infinito. La roca seca caliente, los sistemas ingenierizados, los acuíferos térmicos debajo de yacimientos de aceite a gran profundidad y los reservorios submarinos son ejemplos de este tipo de sistemas de geotermia profunda. El gradiente de temperatura entre el núcleo y la superficie de la tierra genera un flujo continuo de calor natural. Este gradiente abarca una amplia gama de intensidad del potencial geotérmico, en diferentes intervalos de espaciales verticales, definiendo distintos recursos. Estas fuentes pueden ser superficiales a unos cientos de metros, o a profundidades medias hasta 3 km y aún a mayores profundidades del orden de 10 km o más, hasta alcanzar las temperaturas inmensas del magma en rocas fundidas. Los fluidos contenidos en los sistemas más profundos pueden encontrarse en condiciones termodinámicas supercríticas, a más de 374° C y presiones mayores a 220 bar. El fluido en fase supercrítica tiene una densidad energética más alta con mayor entalpía volumétrica y exergía, lo cual equivale a, cuando menos, veinte veces más energía por unidad de volumen de fluido, que el vapor geotérmico empleado actualmente en la producción de electricidad a 50 bar y 270°C. La geotermia supercrítica podrá generar electricidad, más eficientemente, a través de generadores especiales y turbinas avanzadas. La fase supercrítica del agua geotérmica es una fuente de energía enorme que nunca se ha utilizado sobre la faz de la Tierra. El objetivo de este trabajo es proporcionar una descripción del agua en condiciones supercríticas y cuantificar la energía y potencial geotérmicos que representa.

SE08-33 CARTEL

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL EN LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Román Fernández Beatriz¹, López Hernández Aída¹, Bahena Romero Jonny E.², Hernández Hernández Mario A.³ y Ramírez Montes Miguel A.⁴
¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Proyecto GEMex CONACYT-SENER N° 268074
²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
³GEOTOP Research Center on the Dynamics of the Earth System
⁴Comisión Federal de Electricidad, CFE
fromanbeatriz@gmail.com

Este estudio forma parte del Proyecto GEMex: Cooperación México-Europa para la investigación de sistemas geotérmicos mejorados y sistemas geotérmicos supercalientes en la etapa de exploración y surge de la necesidad de aportar datos al modelo conceptual de la zona de Acoculco. En la región de estudio la Comisión Federal de Electricidad perforó 2 pozos exploratorios: EAC-1 y EAC-2 con profundidades de 2000 m y 1900 m respectivamente. Los pozos permitieron definir la geología y caracterizar las zonas de alteración hidrotermal de las rocas a profundidad, sin embargo, el estudio de zonas de alteración a nivel superficial no ha sido desarrollado detalladamente. El objetivo principal de este análisis consiste en cartografiar, clasificar y zonificar la alteración hidrotermal a detalle mediante trabajo de campo y análisis geoquímico de arcillas. La importancia de estudiarla radica en que representa los puntos de descarga del sistema hidrotermal y permite contribuir a la construcción del modelo conceptual. Para el desarrollo del trabajo se

han realizado campañas de campo en las que se cartografiaron a diferentes escalas y muestrearon las zonas de alteración hidrotermal. El trabajo mencionado se realizó en colaboración con un grupo de investigadores pertenecientes a CGEO campus Juriquilla de la UNAM. Durante la primera campaña de campo la cartografía de las zonas de alteración se generó a escala 1:10,000 y el muestreo fue minucioso, recolectado al final del periodo 314 muestras en la región de estudio. Para la segunda campaña de campo la cartografía fue elaborada a escala 1:100,000 y el muestreo se limitó a zonas de alteración hidrotermal definidas a simple vista por lo que al final se adquirieron 47 muestras. También, en la última campaña se muestreó el agua de los manantiales de la región de estudio para determinar a través del análisis de isótopos estables el tipo de fluido de los manantiales y su relación con el sistema geotérmico de Acoculco. Posteriormente se procesaron las muestras de arcillas recolectadas para someterlas a Espectrometría de Onda Corta Del Infrarojo (Short Wave Infrared (SWIR)). Como resultados preliminares se obtuvieron un total de 361 muestras, en las que se identificaron cuatro tipos principales de alteración hidrotermal: argílica (incluye zonas con caolín), propilítica, silícica y oxidación. También se ubicaron brechas hidrotermales y depósitos de carbonatos, estos últimos pudieran corresponder a la zona distal de descarga del sistema. Respecto a las muestras de manantiales se recolectaron un total de 33 muestras con temperaturas máximas de 54 °C y mínimas de 13 °C. Los sitios de muestreo tanto de agua como de alteración hidrotermal ubicados en el mapa, sugieren la existencia de un control estructural posiblemente asociado a fallas de dirección NE-SW que serán corroboradas en estudios subsecuentes y en colaboración con otros equipos de trabajo dentro del proyecto GEMex.

SE08-34 CARTEL

FLUJOS DE CO₂ Y CH₄ EN PIEDRAS RODADAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Jácome-Paz Mariana Patricia¹, Pérez Zárate Daniel², Rodríguez Díaz Augusto Antonio¹, Estrada Murillo Aurora², González Romo Irving Antonio¹ y Prol Ledesma Rosa María¹

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM
patricia@geofisica.unam.mx

Se presentan resultados de flujos de emisiones difusas de CO₂ y CH₄ en suelos vaporizantes de temperaturas alrededor de los 90 °C en Piedras Rodadas, Baja California Sur. Durante la campaña de campo se midieron los flujos de las emisiones difusas y se realizó una exploración geológica-estructural. La zona de estudio se ubica dentro de la cuenca tectónica de Loreto. La estratigrafía local comprende un basamento de rocas volcánicas del Grupo Comondú del Mioceno, cubierto discordantemente por una secuencia sedimentaria del Plioceno integrada por los orto-conglomerados La Vinorama y Cerro de Mencenares, cubiertos por la tufita Piedras Rodadas y finalmente la arenisca fosilífera Piedras Rodadas. Las manifestaciones se hospedan en el orto-conglomerado Cerro de Mencenares. Los depósitos hidrotermales incluyen vetas, costras y stockworks de ópalo, cuarzo, montmorillonita y calcita. Se observan también paleoventilas de calcita y ópalo. Estructuralmente la región presenta tres sistemas de fallamiento que cronológicamente son: NE-SW, NW-SE y N-S. El sistema NW-SE controla la presencia de las manifestaciones hidrotermales. Se midieron 70 puntos de flujos difusos en la superficie del suelo y sobre las ventilas utilizando el método de la cámara de acumulación con un flujómetro West System implementado con detector infrarrojo LICOR LI-800. Todas las mediciones se realizaron en condiciones secas y presión atmosférica estable. El área muestra intensas emisiones difusas con flujos máximos de CO₂ de 750 g m⁻² d⁻¹. Se realizó un análisis estadístico y una simulación gaussiana para el cálculo del flujo total y la obtención de la distribución espacial. Se obtuvo un flujo total de CO₂ de 0.08 ton d⁻¹ y un flujo total de CH₄ de 0.144 ton d⁻¹, así como valores isotópicos del carbono y principales lineamientos de desgasificación. Con este trabajo se tiene una primera aproximación de los procesos de desgasificación en la zona termal de Piedras Rodadas y su relación con la geología estructural local.

SE08-35 CARTEL

ANÁLISIS DEL PERFIL MAGNETOTELÚRICO "CERRO PRIETO SUR" EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Cortés Arroyo Olaf Josafat¹, Romo Jones José Manuel², Oliver Ocaño Francisco Miguel¹ y Gómez Treviño Enrique¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
ocortes@cicese.edu.mx

A través de los años se han realizado múltiples estudios geofísicos en el área del Valle de Mexicali para conocer mejor las características del yacimiento geotérmico presente en la zona. Entre estos trabajos existe una serie de estudios magnetotelúricos, independientes entre sí, realizados con décadas de diferencia y que casualmente se han realizado sobre un mismo perfil. Este perfil, llamado aquí "Cerro Prieto Sur", se localiza al sur del Campo Geotérmico Cerro Prieto, presenta una dirección SW-NE y a traviesa las principales fallas activas en la zona. Se analizan primero los resultados de un estudio magnetotelúrico (MT) realizado por Goubau (1981). Después, se presentan los resultados de los datos registrados sobre el mismo perfil en 2010, antes y después del sismo M 7.2 ocurrido en el

mismo año (Cortés Arroyo, 2016). Finalmente, se analiza el modelo resultante para el perfil de Oliver Ocaño (2016), realizado con datos más recientes. El análisis comparativo entre estos trabajos muestra que el modelo MT de Goubau presenta diferencias considerables con respecto a los nuevos modelos, debido principalmente las limitaciones del método a inicios de los años 80. Además, los modelos obtenidos después de 2010 muestran un cambio en las propiedades eléctricas del subsuelo en un área específica del perfil, que puede estar asociado a la intensa actividad sísmica ocurrida en 2010, así como posteriormente una recuperación gradual de las condiciones previas, años después de evento. Esta zona coincide con variaciones observadas en datos gravimétricos después del sismo Victoria en 1980 (Zelwer y Grannell, 1982) lo cual sugiere que esta zona es particularmente vulnerable a efectos sísmicos, que por su cercanía al campo geotérmico y posible relación con el yacimiento profundo, es de interés para el futuro desarrollo del Campo Geotérmico Cerro Prieto.

SE08-36 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA CON BASE EN EL PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS AEROMAGNÉTICOS EN LAS INMEDIACIONES DEL VOLCÁN CHICHONAL, CHIAPAS

López García Angela Vianey, Fuentes Arreazola Mario Alberto y Kotsarenko Anatoliy
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
angela.lga@hotmail.com

Las estrategias de aprovechamiento de energías renovables son una tendencia global. México, debido a su localización, tiene un gran potencial de generación de energía eléctrica basado en fuentes limpias como son la geotermia, solar, eólica, hidráulica, bioenergía, principalmente. En nuestro país, la exploración y evaluación de recursos geotérmicos a escala regional está prácticamente concluida, sin embargo, es primordial revisar las interpretaciones y actualizarlas. En la porción sureste del país destaca la zona geotermal asociada al complejo volcánico El Chichonal en el estado de Chiapas. En dicha región la generación de energía eléctrica durante décadas se ha orientado hacia el aprovechamiento de la energía potencial hidráulica en centrales hidroeléctricas localizadas a lo largo del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta. Lo anterior ha conllevado a que la exploración geofísica a detalle en esta zona destacada, emte geotérmica no ha alcanzado su potencial de desarrollo como se ha visto en otras regiones del país, donde la geotermia es la principal fuente de generación de energía eléctrica. En este trabajo se reportan los resultados de la interpretación de anomalías magnéticas identificadas en el procesamiento de datos aeromagnéticos adquiridos por el Servicio Geológico Mexicano. Los resultados obtenidos han permitido incrementar el conocimiento de la dinámica en la zona geotermal; adicionalmente estos datos podrán ser utilizados como marco de referencia para una segunda etapa de investigación geofísica, que tendrá como objetivo la estimación de la profundidad de la isoterma del punto de Curie en las cercanías del Volcán Chichonal.

SE08-37 CARTEL

ANÁLISIS DE FRACTURAMIENTO DE ESCALA MEGA-ESTRUCTURAL Y SU RELACIÓN CON FALLAS MAYORES EN LA ZONA SUR DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN: IMPLICACIONES CON EL SISTEMA GEOTÉRMICO

Magaña Ortega Angélica de Monserrat¹, Garduño-Monroy Víctor

Hugo², Jiménez Haro Adrián¹ y Bermejo Santoyo Gerardo²

¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo,
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
anmagana_94@hotmail.com

De acuerdo con varios trabajos (Babadagli, 2002; Marrett et al., 1999; Turcotte, 2001; Barton y Larsen, 1985), las estructuras producto de la deformación frágil (fallas y fracturas) tienden a presentar un comportamiento auto-similar, es decir, su geometría se repite a varias escalas sin embargo el análisis de estas estructuras a una escala mega-estructural es más complicado debido a que su comportamiento depende de múltiples factores que condicionan su geometría y distribución, propiedades como la geología, presión, temperatura, el estado de esfuerzos y el tiempo, entre otros, son parámetros que controlan la formación de dominios de fracturas DF (volumenes de roca en el yacimiento que tienen características geológicas homogéneas en relación con el desarrollo o presencia de fracturas naturales). El área del sur del Lago de Cuitzeo presenta dos principales unidades litológicas relacionadas directamente con el sistema geotérmico, la primera conformada por andesitas fracturadas de edad Miocena y la segunda definida por pulsos ignimbriticos también de edad Mioceno; ambas unidades de espesores importantes. Para este trabajo el análisis del fracturamiento y fallamiento se realizó mediante el uso de imágenes de satélite con el objetivo de caracterizar las fallas y fracturas de escala mega-estructural, los resultados muestran que las fallas de orientación NW-SE y NE-SW en andesitas y NE-SW ignimbritas tienen un comportamiento fractal y asociado a estas estructuras mayores se originan y desarrollan una serie de fracturas que son quasiparalelas. La dimensión fractal de diferentes propiedades geométricas de los sistemas de fracturas como espaciado, densidad, intensidad fue investigada y calculada utilizando varios

métodos. Los parámetros principales obtenidos, en este trabajo incluyen un histograma de espaciamiento vs. punto medio, frecuencia acumulada vs. punto medio, log. frecuencia acumulada vs. log. espaciamiento y exponente de Lyapunov para el análisis en 1D. Los resultados en 1D indican una frecuencia acumulada del espaciamiento siguiendo una ley de potencia con un exponente negativo (dimensión fractal) en andesitas que está entre -0.51 y -1.98, y en ignimbritas está entre -0.52 y -1.71. Obteniendo que en una dimensión menor hay mayor fracturamiento y a una dimensión mayor el fracturamiento va disminuyendo. El análisis a esta escala permite definir dominios de grandes fracturas en el sistema geotérmico donde el flujo de fluidos es más importante.

SE08-38 CARTEL

ANÁLISIS DE RESULTADOS FRACTALES Y SU RELACIÓN CON EL CAMPO DE ESFUERZOS DE LAS ZONAS GEOTÉRMICAS DEL LAGO DE CUITZEO

Bermejo Santoyo Gerardo¹, Olvera García Emmanuel² y Garduño-Monroy Víctor Hugo³

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH-CeMIEGeo

²Instituto de Ciencias de la Tierra y Geomambientales, Universidad de Bari (Italia), CeMIE-Geo-GEMEX

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH-CeMIEGeo-GEMEX
bsgerardo@outlook.com

En un cuerpo rocoso de una zona tectónicamente activa es común encontrar sistemas de fracturas con diferentes orientaciones y geometrías. Si el cuerpo se encuentra dentro de un sistema geotérmico, las discontinuidades mecánicas (fracturas) dan lugar al emplazamiento de fluidos, los cuales formarán los reservorios geotérmicos. En altas profundidades donde las condiciones de presión y temperatura son elevadas los conductos permanecen abiertos (dado que la precipitación mineral es escasa), sin embargo, al ascender los fluidos a la superficie su contenido salino empieza a depositarse sellando los conductos. Debido al sellado solamente las estructuras que están óptimamente orientadas al campo de esfuerzos presente, logran mantener la permeabilidad por largos periodos de tiempo. Estas estructuras al ser de actividad más reciente alimentan los reservorios hidrotermales (controlando su distribución) siendo ellas los objetivos en los pozos de explotación. Acorde a lo anterior, se implementó el estudio fractal de fracturas en la zona geotérmica del Lago de Cuitzeo enfocado principalmente a los poblados de San Agustín del Maíz y Araró los cuales presentan actividad geotérmica considerada de mediana entalpía. Se determinó que el reservorio geotérmico se encuentra alojado en unidades andesíticas miocénicas evidenciado por los pozos de explotación del campo geotérmico Los Azufres encontrado a solo 30 km al Este los cuales extraen el recurso de esta unidad, la cual está intensamente fracturada por estructuras NO-SE y N-S; relaciones al Basin and Range y, NE-SO y E-O. El estudio muestra que las estructuras NE-SO y NO-SE son las más importantes conductoras de fluidos, las primeras respondiendo al campo de esfuerzos del Sistema de fallas Morelia-Acambay (SFMA) que están óptimamente orientadas al campo de esfuerzos y teniendo un comportamiento fractal invariante a la escala representado por espaciamientos pequeños en leyes de potencia de frecuencia acumulada de ~1.14 y longitudes de fracturas de centímetros a metros con una intensidad de ~30 fracturas por metro. Estas estructuras evidencian su permeabilidad y control sobre los fluidos geotérmicos de acuerdo a que las manifestaciones hidrotermales presentan esta tendencia; por su parte, las fracturas NO-SE corresponden a un antiguo campo de esfuerzos que exhibe un control sobre las manifestaciones, evidenciado por depósitos hidrotermales con esta tendencia, sin embargo, aún se puede encontrar alineamientos de manifestaciones que se reactivan con el campo de esfuerzos actual mismo que ha sido corroborado a través de fallas con sobre impresión de estrías. El comportamiento de estas estructuras es fractal con espaciamientos grandes que siguen una ley de potencia de frecuencia acumulada de ~1.79 y longitudes de fracturas de metros con una intensidad de ~25 fracturas por metro. La distribución de fracturas en mapas arroja dimensiones de caja y correlación de entre 1.21 y 1.77 indicando una buena distribución dentro de la unidad rocosa. Con estas características la buena interacción entre los sistemas de fracturas permite tener circulación de fluidos geotérmicos aunado también al sistema de fallas activo que reabre las fracturas selladas por depósitos de minerales hidrotermales.

SE08-39 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PROFUNDIDAD Y GRADIENTE GEOTÉRMICO PARA EL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

Encarnación Valle Antonio Ismael¹, Prol Ledesma Rosa María², Flores Soto Xochitl² y Errasti Marcela²

¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN

²Instituto de Geofísica, UNAM
encarnacion.valle.14@gmail.com

Mediante técnicas de análisis espectral y geoestadística se estimó la profundidad de la Isoterma de Curie y Gradiente Geotérmico a partir de datos Aeromagnéticos los cuales fueron adquiridos por el Servicio Geológico Mexicano; para este trabajo se analizó el Grid del estado de Durango como parte del proyecto del CeMIEGeo P01: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana". La geología del estado de Durango la conforma parte de La Sierra Madre Occidental compuesta por dos importantes secuencias ígneas, donde la secuencia antigua está formada mayormente por rocas volcánicas y cuerpos ígneos y la secuencia más reciente está conformada por Ignimbrita riolítica, se asocia una serie volcánica

inferior a un margen continental convergente donde la Placa Americana se mueve hacia el norte sobre la Placa de Farallón y presenta actividad magmática que finaliza con derrames de basalto del Plioceno; estas características pueden llegar a ser de interés para la exploración Geotérmica. Se realizó un grid para el estado de Durango con una división de 79 ventanas de 64 km x 64 km para cubrir toda la superficie, la metodología aplicada fue un método de análisis espectral radial de potencia de datos magnéticos planteado por Bhattacharyya (1975, 1977) y Okubo (1985). En base al análisis del espectro radial de potencia se estimaron profundidades CPD (Curie Point Depth). Los resultados obtenidos de las profundidades de la fuente magnética estuvieron del rango de 4 km a 13 km de profundidad, mientras que para el Gradiente Geotérmico fue de 40° C a 160° C. Se elaboró el mapa de configuración que permitió identificar dos zonas de interés al centro y sur del estado; la primera zona de interés de 3.8 km y GG de 158° C, la segunda zona centro con un CDP promedio de 4 km y GG de 145° C. La información obtenida del procesamiento del Grid de datos Aeromagnéticos del estado de Durango se integraron al mapa de flujo de calor que se está trabajando dentro del proyecto del CeMIEGeo P01.

SE08-40 CARTEL

MODELADO DE RUIDO SÍSMICO PARA LA UBICACIÓN DE FUENTES GEOTÉRMICAS EN EL ÁREA DEL VOLCÁN CEBORUCO

León Vasquez Ernesto, Santibáñez López Héctor Francisco, Núñez Cornú Francisco Javier, Núñez Escribano Diana y Alarcón Salazar Edgar
Universidad de Guadalajara, Sisvoc
leonerne@gmail.com

En este trabajo se utiliza el ruido sísmico registrado de manera continua por 25 estaciones de la red móvil en el volcán Ceboruco ubicado en el extremo Nororiental del eje Neovolcánico Trans-mexicano, cerca de los poblados Ahuacatlán y Jala en el estado de Nayarit por un periodo de 3 meses, para entender los procesos que ocurren en la parte profunda asociados al comportamiento eruptivo, el registro continuo de ruido sísmico ha sido ampliamente utilizado para proporcionar una imagen de la estructura interna de la tierra además, no se requiere de eventos sísmicos para el modelado. Usando las funciones de Green, se ha demostrado que la correlación cruzada entre la componente vertical o ruido sísmico entre cada par de estaciones se relaciona con la propagación de las ondas Raleigh entre dichas estaciones, obteniendo curvas de dispersión de las ondas Raleigh describen la velocidad de grupo promedio dentro de periodos determinados, con las mediciones de velocidad de grupo se realizara una inversión para obtener imágenes tomográficas. Con esto se espera obtener una imagen con la distribución de las ondas superficiales y la imagen puede relacionarse con la estructura volcánica y algunas características tectónicas de la región. Para calcular las correlaciones cruzadas se utiliza el paquete de procesamiento MSNOISE basado en el lenguaje de programación Python 2.7, MSNOISE es un software libre y de código abierto de una estructura bastante robusta y de fácil manipulación, los datos se almacenan y manejan por medio de las bases de datos SQLite o MySQL con una estructura simple. MSNOISE es de código abierto para cualquier usuario, es una solución integrada, comentada y documentada. El flujo de procesamiento está dividido en pasos separados y es sencillo el reemplazar el paso de proceso con otro código respetando los datos de entrada y salida.

SE08-41 CARTEL

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN SÍNTESIS SILÍCEOS DEL CAMPO DE GEISERES DE EL TATIO (CHILE). EVIDENCIA DE ACTIVIDAD MICROBIANA

Sánchez Avila Juan I. y Kretzschmar Thomas
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
isanchez@cicese.mx

El campo de geiseres de El Tatio se encuentra ubicado en la región de Atacama, Chile. A diferencia de otros campos de geiseres en el mundo, el área presenta una alta elevación sobre el nivel del mar (4270 m), lo cual disminuye el punto de ebullición del agua a ~ 86.4 °C. Así mismo otras de las condiciones ambientales extremas presentes son una alta exposición a la radiación UV, una gran oscilación térmica y alta tasa de evaporación. Las aguas termales contienen altas concentraciones de sílice disuelta, arsénico y boro. Estas características hacen que El Tatio sea un lugar ideal para estudiar la influencia de las condiciones ambientales y la geoquímica de aguas termales sobre la presencia de microorganismos extremófilos en los síntesis silíceos. En noviembre del 2014, se realizó un muestreo en la principal cuenca de geiseres (22°20'36.54" S, 68°00'41.58" O) y se recolectaron 8 muestras de rocas alteradas en los geiseres activos, las cuales fueron preservadas y transportadas a las instalaciones del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica para su estudio. La abundancia y distribución de ácidos grasos totales (AGT) en la fracción ácida de los extractos de las rocas fueron analizados utilizando cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas en tándem (GC-MS, pos sus siglas en inglés). En los extractos de roca, fueron identificados más de 30 diferentes AG, con longitudes de cadena carbonada entre C12 a C30. Se observó una predominancia de AG con cadena de número par, siendo el n-C16:0 el más abundante. Así mismo, existe la presencia de varios AG que son biomarcadores de bacterias reductoras de sulfatos, tales como a/C15:0, C16:1#7. Se detectaron también, series de a,#-diácidos, los cuales se han relacionado con microorganismos hipertermófilos.

La composición de los AGT en las muestras, es rico en AG monoinsaturados y con unos pocos AG poliinsaturados, lo cual concuerda con la mayoría de los estudios previos realizados a síntesis hidrotermales. La distribución de los AGT en las muestras, refleja la intensa influencia de la actividad hidrotermal sobre la biomasa y la actividad microbiana. Este trabajo representa el primer intento del uso de los ácidos grasos como biomarcadores en síntesis provenientes de sitios geotermiales de El Tatio.

SE08-42 CARTEL

ESTUDIO DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN DEL RIDGE VOLCANICO TORTUGA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA APLICADO A LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Peña Dominguez Juan Gerardo, González Fernández Antonio, Martín Barajas Jesús Arturo y Contreras Juan
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
juangerardo@cicese.edu.mx

En la porción central del Golfo de California se localiza una serie de edificios volcánicos ubicados entre Isla Tortuga y la región de la caldera La Reforma-Santa Rosalía. Estos rasgos morfológicos se alinean con direcciones de 285° y 310°, formando el Ridge Volcánico Tortuga (RVT) y Ridge Volcánico Rosalía (RVR) respectivamente. Isla Tortuga es parte del Ridge Volcánico Tortuga (RVT) que es casi perpendicular al centro de dispersión de la Cuenca de Guaymas. En este trabajo se analizó y caracterizó los dos alineamientos a partir de perfiles sísmicos de reflexión multicanal adquiridos en la zona como parte del proyecto CeMIE-Geo "P03. Campaña intensiva de Exploración Geotérmica de las Cuencas Wagner, Consag, Delfín, Guaymas y Alarcón del sistema de Rifts del Golfo de California". Se identifican sismofacies asociadas con el ascenso de flujo de calor, ventillas hidrotermales, depósitos volcánicos, y áreas elevadas asociadas al emplazamiento de sills. El espesor de la cubierta sedimentaria aumenta gradualmente hacia el este de los edificios volcánicos.

SE08-43 CARTEL

ESTUDIO MAGNETOTELÚRICO MARINO SOBRE LA CUENCA WAGNER EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Avilés Esquivel Thalia Anaí¹, Flores Luna Carlos Francisco¹, Constable Steven², González Fernández Antonio¹, Gómez Treviño Enrique¹ y Reyes-Ortega Valeria¹
¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
²Institute of Geophysics and Planetary Physics, Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego
tavilesequivel@gmail.com

La cuenca Wagner esta ubicada en el norte del Golfo de California y ha sido estudiada por múltiples disciplinas dado su prometedor potencial en recursos geotérmicos. Con el fin de caracterizar esta cuenca en términos de su resistividad eléctrica y la posible relación de zonas conductoras con sistemas hidrotermales se realizaron 13 sondeos Magnetotelúricos (MT) marinos a lo largo de dos perfiles. Con el procesamiento de los datos se obtuvieron los tensores de impedancia en periodos desde 0.1 a 4,000 segundos. Se realizó inversión suavizada 2D utilizando las resistividades aparentes y las fases de las polarizaciones TE y TM. En 8 de los sondeos MT hay uno o más sitios cercanos donde se ha medido el flujo de calor. La correlación entre las resistividades someras (<100 m de profundidad) y los valores de flujo de calor es positiva, es decir, las zonas con menor resistividad somera tienen un mayor flujo de calor. Esto muestra que el método MT es capaz de localizar fuentes de calor submarinas. Aunque una resistividad baja de los sedimentos también podría ser producida por una salinidad alta, mediciones de la salinidad en los sedimentos sugiere que la temperatura es el principal factor que disminuye la resistividad del subsuelo en esta zona. Otro resultado importante de este estudio es la presencia de un conductor profundo situado entre las profundidades de 10 a 40 km y localizado debajo de la parte más profunda de la cuenca. Este conductor fue interpretado como una zona de fusión parcial, es decir, la presencia de magma alimentando la nueva corteza oceánica en esta zona incipiente de acreción. Esta es la primera vez que la zona alimentadora de magma es detectada con métodos electromagnéticos en el Golfo de California. Este conductor profundo probablemente sea la fuente de calor submarino responsable de los altos flujos de calor y por lo tanto de las bajas resistividades someras.

SE08-44 CARTEL

DISTRIBUCIÓN QUÍMICA Y MINERALÓGICA DE COLUMNA DE SEDIMENTOS EN LA EMANACIÓN GEOTÉRMICA DE WAGNER EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO: ACUMULACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA E IMPLICACIONES

Iñiguez Pacheco José Enrique, Mendoza Lavaniegos Vladimir y Kretschmar Thomas
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
iniguez@cicese.mx

La cuenca de Wagner se encuentra localizada en el extremo septentrional del golfo de California limitada entre las fallas de Wagner y Cerro Prieto, con profundidades inferiores de 225 m y es tectónicamente activa con un número relativo alto de fallas. La región presenta una capa de sedimentos superior de 7 km, con alta tasa de sedimentación de 3 cm al año, lo que enmascara la emanación geotérmica. Las muestras fueron colectadas en la campaña oceanográfica AH1509-012 en el Buque Oceanográfico Alpha-Helix, del 25 de septiembre al 8 de octubre del 2015. La columna de sedimentos fue colectada usando nucleadores de gravedad y Smith-McIntyre. Las muestras fueron congeladas hasta ser llevadas a laboratorio, subsecuentemente fueron liofilizadas y preparadas para análisis por espectroscopia de infrarrojo, fluorescencia y difracción de rayos X, tomografía asistida por computadora, en segmentos de 30 cm. De la interpretación de los difractogramas de rayos X se identificaron cuarzo, opalo-A, halita, dolomita, barita, calcita, rosickyita (S monoclinico), clintonita (CaMg₂2Al_{0.7}Al_{2.7}Si_{1.3}O₁₀(OH)₂) y limonita. La composición elemental de los sedimentos fue realizada mediante fluorescencia de rayos X donde se observa un enriquecimiento de Li, B, Ca, Si, Mn, Ba, Sr, As, Hg, y Fe en comparación de las muestras control. Por otro lado, se determinó de las estructuras tubulares encontradas en las zonas de mayor temperatura en los sedimentos están principalmente compuestos de carbonatos de bario, estroncio enriquecidas con cesio. Por espectroscopia de infrarrojo se caracterizó el tipo de uniones hidroxilo, carboxilo y tipo de agua de cristianización característica entre la región de la emanación geotérmica y las muestras control de la cuenca. El enriquecimiento de elementos como arsénico, bario, estroncio y cesio evidencian geoquímicamente la presencia de la emanación geotérmica, mientras que la presencia de minerales como la rosickyita y clintonita nos referencia el ambiente fisicoquímico reductor fuera del equilibrio. La emanación geotérmica aporta puntalmente una serie de elementos que pueden ser de importancia ambiental por su toxicidad, por ejemplo: arsénico y mercurio, mientras que por el otro lado se observa el potencial bioquímico de poder albergar microorganismos extremófilos que son capaces de aprovechar el nicho específico.

SE08-45 CARTEL

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA CALDERA VOLCÁNICA DE SANTORINI, THERA, GRECIA

Guevara Alday Jorge Alejandro¹, González Silvia², Huddart David³ y Garduño-Monroy Víctor Hugo¹
¹CeMIEGeo INICIT UMSNH
²Liverpool John Moore University
aguevaraalday@gmail.com

La isla de Thera pertenece a la porción centro-sur del arco volcánico Helénico y está situada a 140 km al norte de Creta. Este arco es producto de una compleja geometría entre la placa Africana que subduce bajo la placa Europea. En un contexto tectónico, la isla ha sido construida en el flanco norte de la estructura Santorini-Amorgo, un horst de basamento con una traza principal NE – SW. La estructura calderica es producto de al menos cuatro eventos de colapso que dieron forma a la caldera actual. Las primeras muestras del vulcanismo de este complejo volcánico datan de hace #650 Ka, aunque el episodio más importante ocurrió hace #370 Ka (erupción Minoan) y las últimas evidencias de vulcanismo efusivo datan de 1958; mientras que la última actividad explosiva (subpliniana – pliniana) que corresponde al volcán submarino Kolumbo en 1650. Geoquímicamente pueden distinguirse dos ciclos magmáticos delimitados por el aporte de nuevo material básico a la cámara magmática, que se dividen hace #180 Ka años. Exploraciones pasadas con fines geotérmicos muestran un área con un gradiente térmico mayor de 16°/100 m al sur de Thera. Geoquímica de fluidos clasifican el agua como tipo alcalino-clorurada que indica la mezcla de agua profundas, meteóricas y agua de mar. Mientras que el geotermómetro (K–Na–Mg) sugiere una temperatura >175° C a una profundidad estimada de 800 – 1000 m. La evolución volcánica de Santorini ha sido moldeada por dos estructuras principales con dirección NE-SW llamadas líneas Kameni y Kolumbo a las cuales se les asocia sismos intraplaca someros. Un periodo de actividad anómalo fue registrado en el periodo de octubre 2010 a enero 2011. Monitoreo de GPS e InSAR demuestran un levantamiento del terreno especialmente alrededor de la cuenca norte de la caldera en un periodo similar; todos los datos anteriores sugieren un proceso de recarga de la cámara magmática de entre 14 – 23 X10⁶ m³. La construcción de mecanismos focales muestra fallas normales con una componente lateral izquierda que delimitan las estructuras de grabens y horst; y que han sido utilizadas previamente como vías para el ascenso de fluidos como se puede distinguir por los enjambres de dique con una dirección general similar y manifestaciones hidrotermales submarinas alineadas. Estos datos demuestran la importancia de las estructuras NE – SW como vías para el flujo de fluidos y que aseguran la permeabilidad secundaria del sistema hidrotermal. Las características geodinámicas que envuelven el área, la continua actividad volcánica

reciente del sistema y los datos de exploraciones pasadas permiten considerar que el yacimiento tiene un atractivo potencial para la exploración geotérmica e invita a mayores estudios que permitan la explotación del sistema, posiblemente con mayor énfasis en los usos directos como ya ha sido hecho en otras áreas de Grecia. Por último, debido al contexto tectónico extensivo en que se desarrolla la caldera de Santorini y al vulcanismo reciente el campo es clasificado como un play convectivo de tipo magmático de mediana entalpía, instalado en un arco volcánico.

SE08-46 CARTEL

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN MAGNETOTELÚRICA Y DE SÍSMICA PASIVA PARA EL ANÁLISIS DE ANISOTROPÍA DENTRO DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Granados Chavarría Ivan, Calò Marco y Arango Galván Claudia
Instituto de Geofísica, UNAM
 igyota@gmail.com

En este trabajo se presentan los avances del estudio del campo geotérmico de Los Humeros, empleando sondeos magnetotelúricos y de sísmica pasiva, para la integración de información que pueda estar relacionada a la presencia de zonas permeables con presencia de fluidos geotérmicos. Las metodologías empleadas consisten en el Análisis del tensor de Impedancias y Tipper de sondeos MT, Tomografía de ondas superficiales (Velocidad de grupo de ondas Rayleigh y Love), y un Análisis de polarización de onda S con registros tele-sísmicos. Hicimos uso de dos meses (Diciembre 2015 y Enero 2016) de registros sísmicos de la Red Sísmica de Los Humeros (RSH), operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y de sondeos magnetotelúricos adquiridos por el grupo de investigadores del Centro de Geociencias (CGEO) de la UNAM. Los resultados obtenidos servirán para evaluar la factibilidad del uso de estas técnicas en cuanto al aporte de información relacionada a patrones de anisotropía. De ser favorables, nos servirán como un indicador de las zonas con menor incertidumbre para la presencia de fluidos geotérmicos, aptos para una mejor explotación del campo geotérmico. También, nos servirán para resaltar los alcances y los límites de estas metodologías, con el fin de mejorar las líneas de trabajo que se llevarán a cabo dentro del marco de trabajo del proyecto GEMex, el cual es un Consorcio de la Unión Europea y México para sistemas geotérmicos no convencionales.

SE08-47 CARTEL

CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL RUIDO SÍSMICO DE FONDO REGISTRADO EN ESTACIONES SÍSMICAS INSTALADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO GEMEX

Oregel Morales Luis Alberto¹, Figueroa Soto Ángel²,
 Calò Marco³ y Márquez Ramírez Víctor Hugo⁴

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Centro de Geociencias, UNAM

luisgeofisc@gmail.com

La energía geotérmica consiste en el aprovechamiento del calor transportado por agua o vapor proveniente de zonas que están en contacto entre placas, subducción o vulcanismo reciente, la cual es explotada desde 1911, y en México desde 1959. El campo geotérmico de los Humero, Pue. fue desarrollado dentro de una caldera volcánica cuya constitución geológica y tectónica hicieron propicio su alto potencia geotérmica. Como parte del estudio de los campos geotérmicos se monitorea la actividad sísmica mediante sensores ubicados a su alrededor para analizar los eventos, obtener información del subsuelo y el comportamiento de fluidos en el yacimiento. El campo de los Humeros ha sido objeto de estudio sísmico desde el 25 de Noviembre del 1994 debido a un terremoto con hipocentro en el campo con profundidad menor a 2 Km y magnitud de 4.6 Mb (Urban y Lermo, 2013). Posteriormente en Diciembre del 1997 CFE instaló una red sísmica de monitoreo continuo, la cantidad de sismos localizados desde 1997 hasta el 2008 fue de 237 sismos locales (Carrasco-Núñez et al., 2015). Dentro del marco del proyecto GeMex en el grupo de trabajo 5.2 se ha planteado como objetivo principal el estudio de estructuras poco profundas (< 4-5 Km), mejorar la caracterización de sismicidad y explorar posibilidades para nueva zona de producción. Para tal motivo es necesario una buena localización de los sismos, una correcta caracterización de los niveles de ruido sísmico de fondo y una caracterización del ruido sísmico de fondo (Zhong et al., 2015). El ruido de fondo en una estación sísmica puede enmascarar cierto tipo de registros de baja magnitud, de ahí que sea importante la caracterización del ruido de forma que se puedan analizar los sismogramas registrados o realizar estudios de correlación de registros de ruido sísmico. Se presentan los resultados del análisis de ruido sísmico de fondo, por medio de la densidad espectral de potencia y de pruebas de gaussianidad, para estaciones sísmicas instaladas en el campo geotérmico de los Humeros. Los resultados demuestran que la técnica de instalación usada para la red sísmica de GEMex es adecuada para la detección de sismicidad al tener un nivel de ruido adecuado comparando con los niveles de Petterson (1993) y con registros de ruido sísmico gaussiano.

SE08-48 CARTEL

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DEL POZO H-26 EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Fernández Maya Francisco Omail y Carrasco Gerardo
Centro de Geociencias, UNAM
 omailfdez@gmail.com

El Campo Geotérmico de Los Humeros (CGLH), ubicado en el límite oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), es el tercer campo productor de energía eléctrica a nivel nacional. Este sistema geotérmico está asociado a la evolución de la Caldera de Los Humeros, la cual registra una historia volcánica compleja. El registro estratigráfico de la región comprende de la base a cima: un basamento pre-volcánico con intrusivos terciarios, un paquete de lavas andesíticas (Andesita Cuyoaco, andesita Teziutlán), un vulcanismo explosivo asociado a la formación de la caldera de los Humeros (Ignimbrita Xáltipan, Toba Faby e Ignimbrita Zaragoza), y un vulcanismo post-calderico. Como parte de los estudios de exploración para incrementar la capacidad de producción de energía eléctrica, se lleva a cabo la caracterización petrológica y geoquímica detallada de los pozos de exploración. En este estudio se presenta una reevaluación de la estratigrafía del pozo H26 a partir de la descripción detallada de 254 muestras de canal, separadas a intervalos de 10 metros cada una. Estas muestras fueron descritas en un microscopio binocular, complementando con 40 estudios petrográficos y 16 análisis geoquímicos. A partir de estos resultados obtenidos es posible proponer 3 secuencias: (1) Grupo Pre-calderico (2550-950 m), caracterizado por lavas andesíticas basálticas, andesíticas y riolíticas, todas estas porfídicas; (2) Grupo Calderico (950-220 m), compuesto por tobas líticas y cristalinas de composición riolítica intercaladas; (3) Grupo Post-calderico (220-0 m), constituido por lavas andesíticas basálticas porfídicas, andesíticas porfídicas y tobas líticas. Las comparaciones geoquímicas (elementos trazas y REE) de estos grupos permiten correlacionar al grupo pre-calderico con la formación Teziutlán y una parte el grupo calderico con la Ignimbrita Xáltipan. EL resultado de este trabajo, es la actualización de una columna litoestratigráfica, además de un análisis de la distribución y concentración de los minerales de alteración hidrotermal. Estos resultados contribuyen a definir la estratigrafía del subsuelo para comprender mejor como funciona el sistema geotérmico de Los Humeros.

SE08-49 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE UN YACIMIENTO GEOTÉRMICO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MULTIESCALAR USANDO MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X, CASO DE ESTUDIO DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS

Arteaga Martínez Dante y Carrasco Gerardo
Centro de Geociencias, UNAM
 darteaga@geociencias.unam.mx

El estudio de las propiedades físicas de las rocas es una parte fundamental en los procesos de exploración y explotación de los recursos naturales renovables como es el caso de la geotermia, en particular en la determinación de propiedades críticas como la porosidad y permeabilidad del sistema. La microtomografía de rayos X es una metodología no destructiva que tiene una ventaja con respecto a las técnicas regularmente utilizadas (inyección de mercurio, porosímetro, permeámetro), ya que además de obtener propiedades petrofísicas como la porosidad y simular las condiciones de permeabilidad, se obtiene la morfología y distribución del medio poroso en una forma tridimensional. El objetivo principal de este estudio es conocer las variaciones de permeabilidad y porosidad a través de distintos niveles de resolución para conocer el volumen poroso, la porosidad efectiva y la permeabilidad de diferentes niveles de profundidad de un pozo perteneciente al campo geotérmico de los Humeros. Para este fin, se llevó a cabo un análisis multiescalar que consistió en la obtención de al menos 6 microtomografías, cada una de ellas a diferente grado de resolución, variando desde 50 micrómetros por pixel hasta 500 nanómetros por pixel. Después de cuantificar su porosidad total y porosidad efectiva, a través de procesamiento y segmentación de imagen, se llevaron a cabo simulaciones de permeabilidad a través del software Avizo. Para comparar los resultados con las metodologías convencionales se realizaron pruebas de porosidad y permeabilidad realizadas con porosímetro y permeámetro de helio. Los resultados obtenidos, permiten definir la posible contribución de la microporosidad del medio rocoso a profundidad como un elemento adicional a la permeabilidad convencional originada por fracturamiento secundario del sistema rocoso. Este trabajo forma parte del proyecto P05-CeMIEGeo

SE08-50 CARTEL

GEOMORFOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO LA PRIMAVERA: UNA VISIÓN TEMPRANA EN LA EXPLORACIÓN DE CAMPOS GEOTÉRMICOS

Guzmán Cervantes Consuelo Selene¹, Muñoz Jáuregui Jesús Arturo¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño-Monroy Víctor Hugo¹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica Proyecto 17
cnguzman_93@hotmail.com

La geomorfología de cualquier sitio refleja los procesos anteriores y actuales que modelan su topografía, siendo éstos regidos por los procesos endógenos y exógenos de la Tierra. El uso de la geomorfología como apoyo en la evaluación temprana de zonas con potencial geotérmico, es un concepto innovador que se pretende sea implementando desde las primeras etapas de exploración de un sistema geotérmico ya que muchas de las claves para entender el comportamiento de un yacimiento se encuentran en la geomorfología de éste. En la actualidad, el análisis geomorfológico representa grandes ventajas, ya que se trata de estudios económicamente muy rentables, además de poder utilizar una gran diversidad de insumos cartográficos para su análisis, obteniendo mayor detalle. Muchos de los sistemas geotérmicos de alta entalpía en México y el mundo yacen en calderas volcánicas clásicas: Aocolco, Humeros, La Primavera, Yellowstone, entre otros, por lo cual sus características morfológicas suelen ser muy particulares, ya que los procesos pre, sin y pos caldera modifican enormemente la topografía inicial de la zona. La zona de La Primavera, una caldera volcánica de 11 km de diámetro, se originó hace 120 ka aproximadamente, y su última fase de actividad eruptiva fue hace 30 ka con el surgimiento de una serie de domos riolíticos al sur de la caldera, lo que propicia una fuente de calor activa para el sistema y por su edad reciente, la Caldera de La Primavera forma parte de los escenarios volcánicos más jóvenes de México. Litológicamente está compuesta por flujos piroclásticos, depósitos de caída, sedimentos lacustres, depósitos volcanoclasticos y flujos de lava, lo cual se refleja en su compleja morfología. Desde la década de los 80's esta zona fue objetivo de varios estudios por parte de CFE con fines enfocados a la explotación del yacimiento geotérmico, las zonas de perforación fueron ubicadas en la parte centro-este de la caldera, en una de las regiones que morfológicamente presenta un drenaje más desarrollado, pendientes mediana a fuertemente inclinadas con algunas zonas abruptas, y que muestra un claro desarrollo de cárcavas de profundidad importante, relacionadas a la presencia de fuertes zonas de alteración provocadas por la circulación de fluidos hidrotermales. Este análisis morfológico será encaminado hacia dos aspectos relevantes, uno serían los procesos ligados a la caldera y los otros los procesos ligados a la erosión y depósitos ligados al clima o en su caso, si se observa, a los procesos antropogénicos. Los resultados servirán para contar con escenarios antes y después, si se logra retomar la geotermia, de una actividad de exploración y explotación geotérmica.

SE08-51 CARTEL

PELIGRO SÍSMICO EN LA CALDERA DE LA PRIMAVERA

Núñez Cornú Francisco Javier, Reginfo Walter M., Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Núñez Escibano Diana y Trejo Gómez Elizabeth
SisVoc, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta
fcornu@cuc.udg.mx

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) es la segunda ciudad del país y está integrada por los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tonalá, Tlaquepaque y Tlajomulco. Dentro de la ZMG se encuentra a Caldera de La Primavera, la cual forma parte del Municipio de Zapopan y se encuentra al oeste de la ZMG. Actualmente se está desarrollando un Proyecto Geotérmico por parte de la Comisión Federal de Electricidad planeado para iniciar en el año 2017. Históricamente en esta área han ocurrido al menos 7 terremotos con magnitud mayor a 7.0, y existen reportes de episodios de enjambres sísmicos ocurridos en el área de la ZMG. Los últimos enjambres ocurrieron en diciembre de 2015 y mayo del 2016. En este trabajo se presentan los resultados del estudio del enjambre sísmico de mayo de 2016 a partir de los datos obtenidos por la RESAJ que registró todo el enjambre sísmico. La RESAJ tiene una estación en La Primavera y cinco más a menos de 100 km de distancia de la zona epicentral lo que ha permitido obtener resultados confiables. Los resultados sugieren la existencia de dos fallas normales con orientación NS. Estas fallas son parte de una estructura tectónica no identificada previamente que se ha denominado Graben de Zapopan. La falla oriental se localiza en el límite de la zona urbana de la ZMG y tiene una longitud aproximada de 16 km, mientras que la falla occidental es más larga tiene una longitud aproximada de 28 km y cruza por la parte central de La Primavera. Por su longitud estas fallas podrían generar terremotos máximos de 6.2 y 6.5 respectivamente, que por ser superficiales pueden ser muy destructivos, y deben ser considerados para la evaluación del peligro sísmico en el Campo Geotérmico de Cerritos Colorados.

SE08-52 CARTEL

INTERPRETACIÓN TRIDIMENSIONAL DE DATOS GRAVIMÉTRICOS EN LA ZONA LAGUNA SALADA-SIERRA DE CUCAPÁH-VALLE DE MEXICALI, B.C.

Hernández Márquez Juan Omar, Pérez Flores Marco Antonio y Zavala-Ibarra Ivan
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jhernan@cicese.edu.mx

La zona de Laguna Salada-Valle de Mexicali, es un área que se caracteriza por la presencia de un centro de dispersión en la corteza. En el Valle de Mexicali, se localiza el campo geotérmico de Cerro Prieto, principal generador de energía geotérmica del país. El uso de métodos geofísicos, es de gran importancia para fines de investigación de la corteza, pero también para fines de exploración y explotación geotérmica. Con la implementación de dichas herramientas podemos obtener modelos del subsuelo que permitan relacionar las características geológicas y tectónicas del sitio de interés. En este trabajo de investigación se obtuvo un modelo tridimensional de densidad de la zona de Laguna Salada-Valle de Mexicali, a partir de la inversión de la anomalía gravimétrica residual obtenida de los datos colectados en la zona por Pemex en los años 70's. Para la zona de Laguna Salada se simuló el efecto isostático generado por la sierra de Juárez, la sierra Cucapáh y sierra El Mayor. Con el objetivo de disminuir la no-unicidad característica de este método, se realizaron constricciones en la solución con información de geología superficial, líneas sísmicas interpretadas en profundidad e información de pozos exploratorios. El proceso de inversión se llevó a cabo modelando con el software desarrollado por Gallardo-Delgado et al. (2003, 2005) y simultáneamente una plataforma grafica-interactiva (Vterrain) para hacer más fácil y versátil el método de inversión. El modelo obtenido, nos permite delimitar la geometría en 3D de las cuencas de Laguna Salada, Mexicali y el Pull-Apart de Cerro Prieto; así como la geometría de la parte inferior del basamento granítico y obtener información de la deformación causada por el sistema de fallas San Andrés, la cuenca de Montague así como otros rasgos relevantes.

SE08-53 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS MAGNÉTICOS Y SÍSMICOS PARA LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA EN LA ZONA DE LAS DERRUMBADAS, PUEBLA

Gómez José Joaquín, Figueroa Soto Ángel, Garduño-Monroy Víctor Hugo y Vázquez Rosas Ricardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica
jgc_leonigma@hotmail.com

La zona de Las Derrumbadas, Puebla localizada en la porción centro-oriental de la República Mexicana, ha sido ampliamente estudiada por diversos autores debido a sus características geológicas y estructurales favorables para la existencia de recursos geotérmicos en el subsuelo, ya que en esta zona convergen dos grandes provincias fisiográficas importantes: las secuencias sedimentarias deformadas de la Sierra Madre Oriental y el vulcanismo activo del Cinturón Volcánico Transmexicano. A partir de esto se llevó a cabo un estudio integrado de magnetometría y ruido sísmico con la finalidad de caracterizar las anomalías geofísicas que estén ligadas a los recursos geotérmicos, así como a las zonas más probables para el ascenso de fluidos. Los resultados preliminares obtenidos a partir de la información aeromagnética del Servicio Geológico Mexicano muestran anomalías semicirculares asociadas a estructuras ígneas emplazadas a una profundidad no mayor de 3 km bajo la superficie del terreno, de las cuales tres parecen ser las de mayor importancia y están localizadas al NW, SW y NE de los domos de Las Derrumbadas. La magnetometría terrestre por su parte, muestra un rasgo lineal de gradientes magnéticos totales que presenta una orientación NNW-SSE y alinea a los domos de Las Derrumbadas con el cerro El Pinto, y se interpreta como una estructura que permitió el emplazamiento de estos aparatos volcánicos. La anomalía al NE de los domos podría estar asociada a la existencia de dos cuerpos emplazados a diferente profundidad, uno que habría permitido el extravasamiento de los productos del volcán cerro El Piñonal, y otro, a un cuerpo intrusivo que metamorfa las secuencias de la Formación Agua Nueva en las inmediaciones de la laguna La Preciosa. A 20 km al NE de los domos se aprecia un lineamiento N-S que se asocia a la presencia de una estructura regional correspondiente al dominio del Sistema de Pliegues y Cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental. Para el caso del ruido sísmico, en primera instancia se realizó el cálculo de la razón H/V para cada una de las seis estaciones sísmicas de periodo largo distribuidas en la zona de estudio, mostrando entre los resultados al menos dos o tres picos de máxima amplitud a diferente frecuencia, lo que supone la presencia de dos paquetes litológicos de diferente composición y distinto espesor.

SE08-54 CARTEL

ESTUDIO DE LA PERMEABILIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA DE ROCAS CARBONATADAS CON POTENCIAL GEOTÉRMICO EN LAS DERRUMBADAS, PUEBLA, MÉXICO

Guevara Alday Diana Atenea, Olmos Luis y Garduño-Monroy Víctor Hugo
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
 ateguevara.alday@gmail.com

Para la evaluación del potencial geotérmico de un área de estudio es necesario conocer el camino que recorre el fluido a través de la zona rocosa. Es conocido que el fracturamiento del masivo rocoso presenta un gran aporte para la explotación del potencial geotérmico debido a que se incrementa considerablemente la permeabilidad del medio. Por otro lado, la porosidad y el microagrietamiento natural de las rocas generan un medio a través del cual también viajan los fluidos y presentan un aporte a la permeabilidad total del pozo. En este estudio realizado en el área Las Derrumbadas, Puebla, se aplicó la técnica de microtomografía computarizada de rayos X (MTC) a rocas carbonatadas pertenecientes a las formaciones Orizaba y Tamaulipas Superior para obtener la porosidad de las rocas, con dos puntos de vista diferentes, el primero con muestras pequeñas, inferiores a 5 mm, con el interés de estudiar la microporosidad (permeabilidad primaria). Segundo, utilizando núcleos de 5 cm de diámetro de rocas con macrofracturamiento (permeabilidad secundaria). Después del tratamiento de imágenes que permitió obtener una imagen con la porosidad en 3D, se realizaron simulaciones de permeabilidad sobre la porosidad real con la ayuda del software GeoDict. Adicionalmente, se evaluaron características de la porosidad, tales como fracción en volumen, interconectividad y tamaño de poro. Los resultados nos indican que existe permeabilidad primaria, sin embargo los valores obtenidos son 10 veces menores que los obtenidos para las rocas con macrofracturamientos. Esto se debe principalmente al factor del tamaño de los poros y a la baja tortuosidad que presentaron las fracturas comparadas con la microporosidad y las microgrietas. También fue posible observar que varias de las microgrietas y microporos se encuentran selladas, lo que indica que existió paso del fluido geotérmico a través de ellos.

SE08-55 CARTEL

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DE LA ZONA TERMAL DE "LOS NEGRITOS", MICHOACÁN: IMPLICACIONES EN EL SISTEMA GEOTÉRMICO

Pacheco Pineda Sandra Cecilia¹, Jiménez Haro Adrián²,
 Garduño-Monroy Víctor Hugo² y Trujillo Hernández Noemí²
¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica
²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT-UMSNH-CeMIE-Geo
 scppineda@gmail.com

En este trabajo se presenta un estudio geológico-estructural del campo geotérmico de Los Negritos, Michoacán, localizado en el sector occidental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En el área se exhiben manifestaciones hidrotermales distribuidas dentro de la Ciénega de Chapala con una tendencia NNE-SSO y temperaturas de fondo calculadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) con geotermómetro de potasio-sodio que muestran valores de 156°C a 243°C, los cuales indican que forma parte de un campo geotérmico de mediana entalpía. Geológicamente el área de estudio está representada principalmente por un ambiente volcánico que puede ser dividido en tres episodios: a) el primero corresponde a rocas Miocénicas; son rocas piroclásticas (ignimbritas) que representan el último periodo de actividad silícica de la Sierra Madre Occidental (SMO), estas afloran al sur de la zona de estudio, en el borde poniente del Semigraben de Cotija. Ellas están cubiertas por derrames de andesitas; b) el segundo episodio está caracterizado por un vulcanismo del Plioceno Inferior que dio origen a estratovolcanes de andesita-basáltica y derrames de lavas de andesitas, basaltos, traquibasaltos y traquiandesitas-basálticas. Sobreyaciendo a estas unidades se encuentran los sedimentos lacustres del Plioceno Medio-Actual contemporáneos al lago de Chapala; c) por último se tiene un vulcanismo de andesitas y basaltos que formaron complejos volcánicos y estructuras monogenéticas, tales como: domos andesíticos y conos cineríticos. Con un análisis estructural llevado a cabo se observa que la deformación presente en la zona geotérmica de Los Negritos está asociada a dos principales causas, la primera ligada a la transtensión de la FVTM la cual ha generado fallas normales de dirección NE-SO y E-O (ej. Falla Pajacuarán), que en una etapa temprana se comportaron como fallas laterales izquierdas y posteriormente como fallas normales con un componente lateral izquierda, la segunda relacionada a una etapa muy particular, producto de la interacción entre el Bloque Michoacán y el Bloque Jalisco probablemente durante el Plio-Pleistoceno la cual dio origen a la formación de estructuras de orientación preferencial NO-SE (ej. Falla El Salitre) que en una etapa inicial se comportaron como fallas normales y en una etapa tardía como fallas normales con componente lateral izquierda, actualmente los tres sistemas de fallas mencionados presentan evidencias de actividad reciente debido a que se encuentran orientadas favorablemente al campo de esfuerzos con una dirección del #3 NO-SE, entre las evidencias de esta actividad reciente destacan, el desplazamiento de suelos y depósitos de talud, así como la presencia de manifestaciones termales asociadas a estas. Mediante estudios geofísicos, se ha inferido que la falla El Salitre y estructuras paralelas continúan por debajo de la planicie de la Ciénega de Chapala, de

acuerdo a las características mencionadas y a la disposición de las manifestaciones hidrotermales en superficie se puede definir que la zona de Los Negritos se encuentra en un escenario estructural de rampa de relevo entre estructuras NO-SE favorable para la circulación de fluidos en el sistema geotérmico.

SE08-56 CARTEL

PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE CURIE EN LAS ZONAS DE PUERTECITOS Y SAN FELIPE BAJA CALIFORNIA, Y SU ESTUDIO CON PERCEPCIÓN REMOTA

Velasco Zúñiga Mauricio¹, Prol Ledesma Rosa María², Rodríguez
 Díaz Augusto Antonio² y Errasti Orozco Marcela Margarita²
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 velascozmuricio@gmail.com

La actividad tectovolcánica ha sido el origen de una gran riqueza de recursos minerales y geotérmicos, siendo esta última una principal fuente de energía sostenible. México se encuentra entre los países con más campos geotérmicos y con mayor producción de los mismos, por lo que su conocimiento y explotación es de suma importancia hoy en día. Su presencia se extiende a lo largo de todo el país, fundamentalmente abundante en la parte central. Sin embargo, existen zonas del territorio nacional que no han sido del todo exploradas y que almacenan una cantidad considerable de este recurso energético. En las zonas de Puertecitos y San Felipe, Baja California, se identificaron anomalías magnéticas de las cuales se estimó la profundidad de la isoterma de CURIE y la ubicación de las mismas. Además, se utilizó un modelo digital de elevación (MDE) realizando una iluminación artificial en diferentes direcciones, conjuntamente se utilizaron imágenes del satélite Landsat 8 (sensor OLI), con el objetivo de identificar lineamientos mediante técnicas de realce espacial y la técnica de descomposición a color para identificar regiones con presencia de óxidos e hidroxilos, con la finalidad de delimitar zonas con potencial geotérmico y para identificar lineamientos asociados a la presencia de cuerpos anómalos magnéticos. El método para estimar la profundidad está basado en el propuesto por Bhattacharyya y Leu (1975, 1977). Los datos aeromagnéticos fueron tomados del Servicio Geológico Mexicano (SGM). Se desarrolló reducción al polo para las dos áreas de estudio, con el hecho de visualizar la ubicación de las anomalías. Las ventanas de trabajo fueron de 50 km por 50 km para cubrir toda la superficie de las zonas de estudio. En el método de iluminación artificial se utilizó el programa de cómputo especializado ArcMap 10.1 de ArcGIS como datos de entrada se utilizó el Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0 del Estado de Baja California. Para el método de realce espacial se utiliza la frecuencia espacial, en este caso se usan imágenes del Landsat 8 del sensor OLI, con la finalidad de relacionar las anomalías magnéticas con rasgos geológicos y comparar los lineamientos y bordes resultantes de estas dos técnicas. En las imágenes del Landsat 8 fueron aplicadas las técnicas de análisis de componentes principales PCA, componentes dirigidas y técnica de Crosta para el procesamiento de datos. Con lo cual se delimitaron las zonas con presencia de minerales de alteración hidrotermal. La integración de los datos de los resultados permite localizar zonas favorables para la presencia de actividad hidrotermal reciente.

SE08-57 CARTEL

PROFUNDIDAD DE PUNTO DE CURIE Y GRADIENTE GEOTÉRMICO PARA EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO

Montoya Vargas Verónica¹, Prol Ledesma Rosa María², Flores Soto Xochitl² y Errasti Marcela²
¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN
²Instituto de Geofísica, UNAM
 vmontoyavargas@gmail.com

Mediante técnicas de análisis espectral y geoestadística se estimó la profundidad de la Isoterma de Curie y Gradiente Geotérmico a partir de datos Aeromagnéticos los cuales fueron adquiridos por el Servicio Geológico Mexicano; para este trabajo se analizó el Grid del estado de Sinaloa como parte del proyecto del CeMIEGeo P01: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana". La geología del estado de Sinaloa tiene manifestaciones de mineralización en toda la extensión de su territorio debido al emplazamiento de cuerpos plutónicos y diques pertenecientes al batolito de Sinaloa, también es caracterizado por un vulcanismo del Oligoceno y principios del Mioceno de tipo efusivo compuesto por tobas riolíticas y riolitas; estas características que pueden llegar a ser de interés para la exploración Geotérmica. Para el Grid del estado de Sinaloa se realizó una división de 60 ventanas de 64 km x 64 km para cubrir toda la superficie, la metodología aplicada fue un método de análisis espectral radial de potencia de datos magnéticos planteado por Bhattacharyya (1975, 1977) y Okubo (1985). En base al análisis del espectro radial de potencia se estimaron profundidades CPD (Curie Point Depth). Los resultados obtenidos de las profundidades de la fuente magnética estuvieron del rango de 5 km a 11 km aproximadamente, mientras que para el Gradiente Geotérmico fue de 60° C a 110° C. Con la información anterior se elaboraron los mapas correspondientes los cuales permitieron identificar 4 zonas de interés; la primer zona de interés se encuentra ubicada al NO del estado con un CDP de 6.24 km y GG de 93° C, la segunda zona se ubicó en la parte NE con un CDP de 5.48 km y GG de 106° C y posteriormente el tercer y cuarto punto de interés se localizaron al SE del estado con un CDP de 5.55 km y 5.75 km con GG de 101° C y 105° C respectivamente. La información obtenida del procesamiento del Grid de datos

Aeromagnéticos del estado de Sinaloa se integraran al mapa de flujo de calor que se está trabajando dentro del proyecto del CeMIEGeo P01.

SE08-58 CARTEL

ESTUDIO DE PERMEABILIDAD EN GRANITOS DEL YACIMIENTO GEOTÉRMICO TACANÁ MEDIANTE MICROTOMOGRAFÍA Y SIMULACIONES NUMÉRICAS

Nájera Blas Sergio Manuel, Olmos Luis y Garduño-Monroy Víctor Hugo
Universidad Autónoma de San Nicolás de Hidalgo
 nbchecho@hotmail.com

El volcán de Tacaná se encuentra en un punto triple de placas tectónicas, por un lado la placa de Norte América y el Caribe se unen en el sistema de fallas Polochic-Motagua y que a su vez son subducidas por la placa de Cocos, generando vulcanismo y sismicidad en la zona. Para realizar el estudio de la permeabilidad se tomaron 4 muestras alrededor del volcán, en las cuales se realizar imágenes 3D con la ayuda de microtomografía en pequeños núcleos de 6 mm de diámetro, con lo cual se obtuvo una resolución de 6µm, con el objeto de estudiar la microporosidad. Las muestras que se analizaron presentaron características similares en tamaños de poro medio, sin embargo la distribución indicó que existen grandes poros de 150 y 500 mm para las muestras denominadas Tac16-03aAO y Tac16-22 respectivamente. La fracción en volumen de poros varió desde el 8.3 hasta el 2.5 para las diferentes muestras. Se encontró interconectividad entre los poros en 3 muestras, mientras que la muestra Tac16-22 no presentó interconectividad. Las simulaciones numéricas de permeabilidad fueron realizadas en la porosidad real obtenida a partir del análisis de imágenes con la ayuda del software GeoDict, utilizando la viscosidad del vapor de agua. Las simulaciones fueron llevadas a cabo en las 3 direcciones de la muestra, X, Y y Z, obteniendo valores más elevados para la dirección Z. Para la muestra de Agua caliente se obtuvo un valor de 5.35E-14 m2, valores en Tac16-03a de 6.33E-14m2, para la muestra Tac16-03aAO de 5.62 E-15m2, y para la muestra Tac16-22 de 0 debido a la no conectividad de la porosidad. Los resultados son bajos comparados con la permeabilidad esperadas en pozos explotados actualmente lo que nos indica que la permeabilidad primaria tiene un aporte, sin embargo, el mayor aporte debe ser debido al fracturamiento de las rocas.

SE08-59 CARTEL

ESTUDIO DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN SOMERA EN LA CALDERA LA REFORMA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO LAS TRES VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Gómez Avila Marianggy¹, González Escobar Mario², Gómez-Arias Efraín¹, Sena-Lozoya Eleyra Berenice³ y González Fernández Antonio²

¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo

²División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³Catedrático CONACYT, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
 mgomez@cicese.mx

El Complejo Volcánico las Tres Vírgenes (CVLTV) se localiza al norte de Santa Rosalía, Baja California Sur y está caracterizado geológicamente por tres volcanes (La Virgen, El Azufre y el Viejo alineados en dirección SO-NE) y dos calderas (La Reforma ubicada al este y el Aguajito al oeste), además de que en el CVLTV se encuentra uno de los cuatro campos geotérmicos de México. Actualmente, las calderas corresponden a zonas de interés geoenergético, por lo que se han realizado estudios de exploración geotérmica que incluye métodos: geofísicos (electromagnéticos y sísmica activa), geoquímicos y térmicos. En particular, en la caldera La Reforma, en junio de 2017, se realizó una campaña de adquisición de datos sísmicos de reflexión somera, utilizando una fuente sísmica montada en un remolque, accionada eléctricamente (GISCO ESS500) con marro de 220 kg en un área volcánica. Se procesaron e interpretaron 2.2 km de datos sísmicos con el objetivo de identificar estructuras geológicas y sismorefléctores de interés, correlacionando los modelos sísmicos con los registros litológicos de dos pozos someros de 55 m de profundidad perforados en la caldera (en los meses de mayo-junio de 2017). Los resultados obtenidos junto con los registros de temperatura de los pozos (que involucra la estimación temperaturas estabilizadas de formación, gradientes geotérmicos y flujos de calor, serán de gran utilidad para el desarrollo de modelos térmicos en 2 y 3D con los cuales se buscará estimar y evaluar el potencial geotérmico en la caldera La Reforma. Palabras clave: Sísmica de reflexión terrestre, estructuras geológicas, caldera La Reforma, Complejo Volcánico las Tres Vírgenes.

SE08-60 CARTEL

MODELO BIDIMENSIONAL PRELIMINAR DE DOS PERFILES MAGNETOTELÚRICOS EN EL GRABEN DE JUCHIPILA, ZACATECAS

Avila Oscar¹, Corbo-Camargo Fernando², Ferrari Luca³ y Levresse Gilles³

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM
 etrok_dr@hotmail.com

Este trabajo presenta resultados preliminares la inversión bidimensional de datos magnetotelúricos en el Graben de Juchipila, Zacatecas. Dicho Graben pertenece a la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental (Raisz, 1964), que se desarrolla en una longitud de cerca de 2,500 km en la porción poniente de la República Mexicana y se caracteriza por presentar sierras, valles y depresiones orientados sensiblemente NNE—SSW, la geología de esta zona está compuesta de Andesitas, derrames de basaltos, riolitas, ignimbritas, calizas y lutitas. El objetivo principal de esta investigación geofísica, consiste en la adquisición de 4 perfiles magnetotelúricos de amplio espectro (BMT), distribuidos de norte a sur en el graben, con el fin de determinar la geometría del mismo. Dicha investigación se encuentra en el marco de un proyecto multidisciplinario, que tiene por objeto evaluar el potencial geotérmico no convencional en la zona de estudio. En este trabajo, de manera preliminar, se presenta el modelo bidimensional de dos perfiles BMT, localizados al sur del graben. El resultado de su inversión muestra una gran coherencia de la sección de resistividad con la estratigrafía de los pozos y con el sistema de estructuras y fallas geológicas cartografiadas, que actualmente se encuentra en proceso de verificación, identificando la base y los límites del graben con su basamento. A cada perfil BMT, se le hizo un análisis del strike eléctrico y de la magnitud y distribución de los parámetros de distorsión del tensor de impedancia. También, con el fin de generar buenas inversiones 2D utilizando el algoritmo de inversión de los gradientes conjugados no lineales (NLCG), se realizó un análisis del parámetro de regularización (#), donde # controla la rugosidad de los modelos de resistividad calculados. Los valores altos de # producen esencialmente modelos suavizados con un pobre ajuste de los datos, en tanto que los valores bajos de # producen un buen ajuste pero generan modelos con alta rugosidad y poco detalle, de aquí la importancia que encierra este procedimiento. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT proyecto IV100117

SE08-61 CARTEL

HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO THERMAL ASOCIADO AL GRABEN DE JUCHIPILA (ZAC): RESULTADOS PRELIMINARES

Arias-Paz Alberto¹, Hernández-Espriú Antonio², Levresse Gilles³, Paz-Pérez Alberto², Mancera Alejandro Javier², Macías-Medrano Sergio², Jiménez-González Alana² y Ferrari Luca³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería

³Centro de Geociencias, UNAM
 ariaspaz@unam.mx

Se presentan resultados preliminares de un estudio hidrogeológico que forma parte de una investigación multidisciplinaria, que tiene por objeto evaluar, por primera vez en México el potencial geotérmico no convencional en la zona SWde la Sierra Madre Occidental. Los acuíferos de esta región exhiben manifestaciones termales diversas, asociados a cuencas extensionales del Basin and Range mexicano con dirección NNO-SSE. En este trabajo se reportan los primeros resultados del acuífero del graben de Juchipila, en Zacatecas y Jalisco. La hidroestratigrafía está controlada por la tectónica extensional del Oligoceno-Mioceno. El flujo subterráneo ocurre en rocas ignimbritas y en los rellenos fluvio-lacustres del graben. El primero forma un acuífero fracturado (semiconfinado, profundo y termal), mientras que el segundo representa un acuífero somero granular en facies conglomeráticas y un acuitardo en facies más finas. El acuífero profundo es desarrollado a través de ~400 captaciones (Q~5-20 L/s, PNE~15-100 m), incluyendo pozos profundos, manantiales termales y fríos. La dirección del flujo subterráneo corresponde con el escurrimiento superficial, que circula de norte a sur, siguiendo la orientación del graben, de manera que los límites de la estructura funcionan dinámicamente como fronteras de no-flujo. Información de estudios anteriores indican una fuente subterránea de recarga en la zona norte del graben en donde sólo los rellenos granulares han sido considerados para su evaluación y cuantificación. Información preliminar de campo en este proyecto indica dos fuentes de recarga, la proveniente de las rocas volcánicas (ignimbritas) y la que genera el ciclo natural de escurrimiento-infiltración, cuyas temperaturas de muestreo en pozos y manantiales, son evidentemente diferentes (45-60°C y temperatura ambiente, respectivamente), aunque algunos otros componentes geoquímicos son similares, i.e., la conductividad eléctrica (~900-1600 microS/cm, en ambos casos). Los siguientes pasos se centrarán en caracterizar con detalle la hidrogeoquímica de ambos acuíferos (elementos mayores, traza, isótopos ambientales, gases disueltos), estimar el comportamiento hidráulico por medio del análisis de pruebas de bombeo, y estudiar la geometría del acuífero somero/acuitardo. Este estudio está siendo financiado gracias al proyecto grupal PAPIIT IV 100117.

SE08-62 CARTEL

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA PRELIMINAR DEL ACUÍFERO TERMAL ASOCIADO AL GRABEN DE JUCHIPILA (ZAC)

Levresse Gilles¹, Ferrari Luca¹, Hernández-Espriú Antonio², Mancera Alejandro Javier²,
Arias-Paz Alberto², Hernández Eliseo¹, Orozco Esquivel Teresa¹ y Mata Castillo Cecilia¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

glevresse@gmail.com

Los principales acuíferos en la parte oriental de la Sierra Madre Occidental se encuentran contenidos en los grabenes. Estos acuíferos tienen la particularidad de presentar aguas con gran variedad de composición química y puntualmente manantiales con temperatura superior a los 40°C, interpretados como indicadores de un potencial geotérmico de baja entalpía. En este trabajo se presentan los resultados hidrogeológicos del graben de Juchipila, Zac. La diferencia de altura entre los pilares y el valle del graben es de más de 1500 metros. Los pilares del graben son conformados por rocas volcánicas de edad Eoceno a Mioceno temprano y el relleno fluvio-lacustre está constituido por conglomerados gruesos, arenas y arcillas depositados en diferentes eventos. Para este estudio se muestrearon y analizaron aguas de manantiales y de pozos de abastecimiento representativas de los dos tipos de acuíferos granular y fracturado. El rango de temperaturas medidas va de los 25°C (temperatura ambiente) hasta los 60°C, con valores de conductividad eléctrica similares (~900-1600 microS/cm). En los diagramas de caracterización química las muestras se distribuyen en dos grupos: sodico/carbonatado y sulfato/calcico. Las aguas sodico/carbonatadas corresponden a las muestras de mayor temperatura. Las aguas sulfato/calcicas son las de más baja temperatura y proceden únicamente de los rellenos sedimentarios. Las aguas sodico/carbonatadas se caracterizan por un alto contenido de F, As y Li. En los diagramas de caracterización con base en la química de halógenos (Cl/Br, Na/Cl), las muestras se distribuyen a lo largo de una línea de mezcla entre un reservorio de aguas meteóricas y un yacimiento de aguas magmáticas. Este último corresponde a las muestras sodico/carbonatadas, caracterizadas por concentraciones mayores de F y As y con temperaturas más elevadas. En el diagrama K-Na-Mg de Giggenbach las aguas sulfato/calcicas son inmaduras y se concentran en el polo Mg. Las aguas sodico/carbonatadas se ubican en el campo de aguas más antiguas con valores de temperatura dentro de un intervalo de interacción Agua/Roca inferior a 90°C. Los geotermómetros de Si y Na/Li aplicados a las aguas de origen magmáticas indican rangos de temperatura de 40 hasta 90°C y de 40 hasta 78°C, respectivamente, intervalos que corresponden a las T medidas en superficie durante el muestreo. El acuífero de Juchipila es formado de dos acuíferos, uno somero granular y otro más profundo volcánico fracturado. En el primero las aguas son frías y de tipo sulfato/calcicas, mientras que en el acuífero volcánico fracturado, las aguas son calientes, enriquecidas en F, As, Li y del tipo sodico/carbonatadas. A pesar de su composición química característica de aguas hidrotermales, las temperaturas obtenidas por los geotermómetros químicos sugieren que no existe una anomalía térmica significativa en profundidad. Los siguientes pasos se centrarán en confirmar o no, la ausencia de un componente magmático mediante estudios del análisis de gases disueltos. Este proyecto se encuentra financiado gracias al proyecto grupal PAPIITIV100117, llevado a cabo por el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE08-63 CARTEL

COLECCIÓN DIGITAL CEMIEGEO

Salas Ariza Jessica Jazmin¹, Romo Jones José Manuel²,
Michán Aguirre Layla³ y Caloca de la Parra Carlos Fernando³

¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGEO

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE; Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CEMIEGEO

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
jsalas@cicese.mx

La Colección Digital CeMIEGEO es una plataforma de sistematización, búsqueda y consulta de información científica, tecnológica y de innovación en Geotermia alimentada con los productos especializados generados por los proyectos del CeMIEGEO (Centro Mexicano para la Innovación en Energía Geotérmica). Tiene como objetivo principal preservar y difundir los productos como documentos (artículos, capítulos de libro, libro, artículos in extenso, tesis y carteles) e imágenes. La Colección Digital CeMIEGEO es producto del trabajo de un equipo multidisciplinario conformado por cuatro miembros: un especialista en geotermia, un computólogo, una especialista en manejo de información y una curadora de información especializada en geotermia. Para su implementación se siguió el modelo y las recomendaciones del Digital Curation Center (DCC) para colecciones digitales, está desarrollada en DSpace que es un software diseñado por el MIT con código abierto que provee herramientas para la administración de colecciones digitales y se utilizó el esquema de metadatos Dublin Core (DCMI). Cada uno de los objetos digitales albergados en la colección pasan por un proceso de revisión, curación, enriquecimiento, anotación y finalmente son sujetos a análisis. En el proceso de enriquecimiento se añade significado estructurado mediante el uso de descriptores con base en el vocabulario controlado proporcionado por los tesauros INIS/ETDE Thesaurus y la Nomenclatura de Ciencia y Tecnología de la UNESCO, además,

este servicio ofrece citas normalizadas, metadatos normalizados, ORCID, enlaces a las versiones publicadas de los documentos, y en algunos casos se ofrece el objeto en acceso abierto, y estadísticas de consulta. Hasta mediados de 2017 existen un total de 103 productos archivados, distribuidos de la siguiente manera: por líneas de investigación Evaluación de los recursos geotérmicos nacionales 24; Desarrollo e innovación de técnicas de exploración 39; desarrollos tecnológicos para explotación 17; Usos directos del calor geotérmico 21. Los principales productos son: Artículos 24; Capítulos de libro 2; Artículos in extenso 26; Tesis 34; Carteles 17. Finalmente algunas de las zonas exploradas son: Los Humeros, Puebla; Acapulco, Puebla; Cerro Prieto, Baja California; San Siquismunde, Baja California; Las Tres Virgenes, Baja California Sur; Golfo de California; La Primavera, Jalisco; Volcán Ceboruco, Nayarit; Araró, Michoacán; Cuítleo, Michoacán; San Agustín del Maíz, Michoacán, entre otros. Este tipo de herramientas resultan ideales para cerrar el ciclo del proceso de investigación e innovación científica mediante la publicación y difusión de resultados, facilitan el manejo de los productos y constituyen una manera de promover el uso y las buenas prácticas para el manejo de los documentos y los datos del CeMIEGEO en la era digital.

SE08-64 CARTEL

INTEGRACIÓN DE DATOS PARA ELABORAR UN MODELO CONCEPTUAL MULTIDISCIPLINARIO EN LAS ETAPAS DE RECONOCIMIENTO Y PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO GEOTÉRMICO

Garciadiego Martínez Ana Melva
Comisión Federal de Electricidad, CFE
ana.garciadiego@cfe.gob.mx

El presente trabajo describe los parámetros necesarios para la elaboración de un modelo geotérmico conceptual en las etapas de reconocimiento y prefactibilidad utilizando las técnicas de disciplinas como geología, geoquímica y geofísica para nuevas áreas de exploración conjuntando los resultados que serán una base importante para conducir a exploraciones factibles mediante la perforación de pozos exploratorios. El estudio de un proyecto geotérmico tiene como finalidad aprovechar el vapor contenido en el subsuelo y para ello se requiere en primer instancia de una etapa de reconocimiento del área que permita formular las primeras hipótesis sobre las posibilidades geotérmicas de la región, proporcionando elementos geocientíficos que permitan identificar en orden prioritario las áreas de interés geotérmico, para ello la disciplina de geología inicia los estudios de reconocimiento con cartografía a nivel regional de semidetalle, describiendo el marco vulcano-tectónico general. Paralelamente la disciplina de geoquímica colabora en la localización y muestreo de aguas de manantiales y gases de manifestaciones termales, para caracterizar geoquímicamente el sistema hidrotermal también se hace uso de geotermómetros que permite dar una idea de las temperaturas que se pueden alcanzar en el subsuelo. Posteriormente se realiza la etapa de prefactibilidad que incluye trabajos de mayor detalle como cartografía, levantamientos estratigráficos, un estudio vulcanológico-estructural, así como estudios petrográficos, química de rocas, análisis de difracción de rayos X (DRX) y fechamientos. La evaluación geohidrológica tiene gran relevancia para determinar si el acuífero es económicamente explotable para aprovecharse geotérmicamente o no, identificando sus zonas de descarga y recarga. Una vez conocidas las características geológico-estructurales (tipo de roca, espesor y estructuras), geoquímicas (fluidos de origen magmático, temperatura probable) y geohidrológicas (acuífero económicamente explotable), interviene la disciplina geofísica en la fase de prefactibilidad con el objetivo de conocer la profundidad y espesor del yacimiento aplicando métodos geofísicos de bajo costo primeramente como el método gravimétrico y sondeos eléctricos verticales (SEV). Posteriormente métodos geofísicos más complejos y costosos que permiten obtener un conocimiento del subsuelo de mejor detalle a mayor profundidad, como MT, TDEM, gravimetría y magnetometría se implementan cuando ya se tiene un mejor conocimiento de la zona. Finalmente, toda la información mencionada se integra formando el modelo geotérmico conceptual multidisciplinario que servirá de base para el desarrollo de la zona de interés y para la toma de decisiones desde la etapa de reconocimiento hasta prefactibilidad, se irá mejorando y complementando durante el desarrollo del campo geotérmico.

SE08-65 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL GEOTÉRMICO USANDO TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA, EN EL CENTRO-ORIENTE DEL ESTADO DE SONORA, MÉXICO

López Lara Karla Aline
Facultad de Ingeniería, UNAM
karlaline28@comunidad.unam.mx

Estudio que representa la primera etapa de un proyecto de exploración geotérmica, debido a que, usando técnicas remotas, es posible identificar evidencias superficiales (alteración hidrotermal y rasgos estructurales) que nos conduzcan a zonas con potencial energético. El área de estudio se eligió a partir de la presencia de 12 manifestaciones geotermiales superficiales ubicadas, aproximadamente, a 100 Km al noreste de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Dichos manantiales, fueron

reportados y analizados por Almirudis et al. (2015), cuyos resultados muestran que los fluidos termales tienen las características geoquímicas necesarias para ser utilizados no solo para su uso directo, sino para la producción de electricidad con plantas de ciclo binario. Además, la parte central de Sonora es un sitio atractivo para la exploración geotérmica debido a que: • Existe intensa actividad tectónica en el Golfo de California. • Hay registros de vulcanismo del Cuaternario (Paz-Moreno et al., 2003). • Existe proximidad con otros importantes campos (Cerro Prieto y Tres Vírgenes). • Reportes de la CFE y de Flores-Armenta & Gutiérrez-Negrín (2011) dicen que la zona tiene alta factibilidad en la etapa de exploración. Se decidió usar imágenes ASTER L1T debido a que éstas cuentan con un amplio rango de información espectral en la región del VNIR-SWIR (9 bandas), además de que incluyen corrección radiométrica y geométrica, aunado a una rotación al norte y una corrección por el fenómeno de Crosstalk. Los productos ASTER tuvieron la óptima resolución espectral, espacial, radiométrica y temporal para nuestros propósitos. Como técnicas de preprocesamiento de las imágenes se realizó apilamiento de capas (Layerstacking VNIR-SWIR bands), cambio de bandas intercaladas (Interleave bands BSQ-BIL), análisis estadístico y corrección atmosférica por el método de Sustracción del Pixel Oscuro. El procesamiento de las imágenes para lograr un realce espacial consistió en realizar cocientes de bandas y Análisis de Componentes Principales (PCA por sus iniciales en inglés), mientras que para obtener un realce espacial se filtraron las imágenes con filtros direccionales. Después de realizar el procesamiento se tuvo como resultado una imagen integral que incluye la composición en falso color que involucra elementos del Análisis de Componentes Principales para resaltar características espectrales y así poder identificar la zona de vegetación, la zona de oxidación y la zona alterada argílicamente. Además, con el realce espacial, se pudo identificar lineamientos estructurales asociados a fallas y fracturas. Al mapear en la misma imagen la ubicación de los manantiales, fue posible proponer como zonas potenciales a Tonibabi, Granados y Divisaderos, pues en estas regiones existe alteración argílica y oxidación, además de que presenta abundancia de patrones de fracturamiento y los análisis geoquímicos de Almirudis et al. (2015) estiman para estos sitios temperaturas aproximadas de 150°C, calculadas con el geotermómetro de Na/K. Este trabajo abre la puerta a una profunda investigación geológica, geoquímica y geofísica en las zonas identificadas como potenciales, con el objetivo de encontrar zonas prometedoras en Sonora, estado que actualmente no se tiene en la mira desde el punto de vista geotérmico.

SE08-66 CARTEL

ESTUDIO EXPERIMENTAL A ESCALA DE LA PROPAGACIÓN DE MATERIA GRANULAR AL INTERIOR DE FRACTURAS EN YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

Zavala-Ibarra Ivan¹, Pérez-Valdivinos Omar², Ruiz Tellez Rodolfo² y Varela Valdez Alberto²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²CICESE

izavala@cicese.mx

El control de la permeabilidad de los yacimientos geotérmicos es de suma importancia por razones de producción y por tanto económicas. Un método ampliamente utilizado para el aumento de la permeabilidad de los yacimientos es mediante la fracturación hidráulica, la cual consiste en inyectar un fluido a presión dentro del yacimiento para provocar la fracturación de la roca. Uno de los principales problemas ligados a este método es que, al retirar el fluido a presión, se corre el riesgo de que las fracturas se vuelvan a cerrar, anulando el efecto de la fracturación y disminuyendo la permeabilidad del yacimiento. Una posible solución a este problema es la introducción de material sustentante a las grietas provocadas por la fracturación hidráulica. Sin embargo, para poder aplicar eficientemente este método se tienen que establecer los parámetros adecuados de inyección para que el material sustentante pueda introducirse a las fracturas. En el presente trabajo se presenta un nuevo arreglo experimental a escala utilizando equipo desarrollado en el laboratorio de Ingeniería de Yacimientos del CeMIEGeo, con el cual se pretenden reproducir los principales fenómenos presentes en los yacimientos. Con este nuevo equipo, se podría estudiar la propagación del material sustentante a través del pozo de inyección y hacia el interior de las fracturas. Permitiendo de esta forma determinar las mejores condiciones bajo las cuales el material sustentante se introducirá a las fracturas.

SE08-67 CARTEL

INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE TERRAWARE DE GEOTEM INGENIERÍA. MÓDULO AUTOMATIZADO DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y FILTRADO EN FRECUENCIA PARA LA ESTIMACIÓN DE PROFUNDIDADES A LA ISOTERMA DE CURIE A PARTIR DE DATOS MAGNÉTICOS

Sánchez Galindo Luis Alfredo¹, Pita de la Paz Carlos¹, Colchado Casas Juan Carlos¹, Huante Arana Francisco Enrique² y García Pérez Sergio Jose²

¹Geotem Ingeniería S.A. de C.V. - Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación

²Geotem Ingeniería S.A. de C.V.

asg.geotem@gmail.com

La llamada temperatura de Curie (TC) se refiere al punto crítico de temperatura (580°C para la magnetita) a partir de la cual los materiales pierden sus propiedades magnéticas transformándose en paramagnéticos. Cuando se asume una distribución arbitraria de fuentes magnéticas como modelo de magnetización de la corteza terrestre, es posible asumir dicha distribución como una función aleatoria de la posición (geometría del subsuelo), la cual puede ser caracterizada por un espectro de densidad de potencia plano (Connard et al., 1983; Blakely, 1988; Tanaka, 1999). De acuerdo con esto, la Tc representa una isoterma dependiente de la mineralogía magnética de las rocas, la cual puede ser interpretada como un límite termal/estructural que relaciona la profundidad a la base hipotética magnética (basamento), o bien, una zona de transición mineralógica. La temperatura de Curie varía de una región a otra, dependiendo de la geología y el contenido mineralógico de las rocas, lo que hace de gran utilidad estos procedimientos en las tareas de identificación de posibles prospectos geotérmicos (Aydin y Oksum, 2012). Como parte de la plataforma de software computacional TerraWare, desarrollada por el grupo de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de Geotem Ingeniería S.A. de C.V. En este trabajo se presentan los aspectos más relevantes del módulo TerraWare-Isotherm automatizado para el cálculo y estimación de profundidades a la isoterma de Curie a partir de la aplicación de las técnicas de análisis espectral sobre datos magnéticos (Spector and Grant, 1970). El módulo ha sido desarrollado en MATLAB® Guide, y sus objetivos principales están relacionados con la investigación y experimentación sobre la influencia que tienen los componentes de alta amplitud espectral en la estimación de profundidad a la isoterma de Curie, permitiendo evaluar los tamaños óptimos de los dominios magnéticos considerados para su procesamiento (tamaño de ventana) para casos regionales y locales, minimizando la incertidumbre inherente en el proceso. Una vez estimadas las profundidades, TerraWare-Isotherm permite llevar a cabo de forma automática la estimación del gradiente geotérmico. El tiempo de cálculo ha sido optimizado mediante la generación automática de ventanas y posibilitando definir pendientes adecuadas según sea el caso, indicando un número de corte sobre el promediado espectral radial de potencia. Todo esto desde una interfaz sencilla y amigable con el usuario cuyos resultados permiten ser utilizados como herramientas complementarias en la exploración geotérmica, particularmente en la identificación de prospectos, incrementando el nivel de confianza al evaluar los resultados con diferentes datos geofísicos y/o geológicos.

SE08-68 CARTEL

PROCESOS DE INTERACCIÓN AGUA - ROCA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS AZUFRES, MICHOACÁN

Díaz Bahena Angélica¹, González Partida Eduardo¹, Canet Miquel Carles² y Villanueva Estrada Ruth Esther²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

anglie.diaz1504@gmail.com

El campo geotérmico Los Azufres se localiza en el sector central de la Faja Volcánica Transmexicana, y está representado por domos de composición riolítica y dacítica, y además es un típico sistema hidrotermal de alta entalpía, relacionado a una caldera volcánica con intenso fracturamiento y fallas. Los sistemas geotérmicos son clasificados principalmente en: Sistemas Hidrotermales, Sistemas Magmáticos, Sistemas Geopresurizados, Sistemas de Roca Seca Caliente y Sistemas Marinos. Para fines de este estudio nos enfocaremos a los sistemas hidrotermales, el motivo es porque en la actualidad estos sistemas son los únicos que se explotan comercialmente para la generación de electricidad, los cuales están constituidos por: una fuente de calor (cámara magmática), agua (líquido y/o vapor) y la roca, en donde se almacena el fluido. El agua de los sistemas hidrotermales es principalmente meteórica, la cual se infiltra lentamente al subsuelo, a través de poros y fracturas, penetrando varios kilómetros de profundidad en donde es calentada por la roca alcanzando en algunas ocasiones temperaturas de hasta 500 °C. Estos sistemas pueden clasificarse en tres tipos principales: vapor dominante, líquido dominante de alta entalpía y líquido dominante de baja entalpía. Dado que, la mayoría de los estudios relacionados a la interacción agua-roca realizados en el campo geotérmico Los Azufres son enfocados principalmente al subsuelo y debido principalmente a la existencia de pozos de exploración-explotación, motivo para que el presente estudio se enfoca en los procesos superficiales de interacción agua-roca del campo geotérmico. En Los Azufres se sospecha que el sistema es hidrotermal a líquido dominante y presenta pH neutros que evolucionan en tiempo espacio para dar una

alteración hidrotermal principalmente propilítica que evoluciona a argílica y argílica avanzada por desprendimiento de gases debido a la ebullición, esta evolución es característica de sistemas hidrotermales de baja sulfuración. Se realizaron análisis geoquímicos para determinar la concentración de elementos mayores, menores y traza de 12 muestras alteradas y se compararon con datos de rocas frescas para determinar los procesos físico-químicos que han sufrido las rocas del reservorio. Se tomaron datos de inclusiones fluidas medidos por González Partida (2000), en minerales como cuarzo y epidota principalmente, a partir de los cuales se tienen temperaturas de homogenización (Th) que van de 140-340°C. A partir de estos datos se realizó un modelo sobre la evolución de las temperaturas en el subsuelo. Finalmente, con análisis de fluorescencia de rayos x y reflectancia de rayos x se determinaron zonas de alteración superficial.

SE08-69 CARTEL

CARTOGRAFÍA DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL EN LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Díaz Carreño Erik Hugo¹, González Partida Eduardo²,
Garduño-Monroy Víctor Hugo³ y Canet Miquel Carles³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²UMSNH-INICIT

³Instituto de Geofísica, UNAM
erikhdco@gmail.com

La mayor parte de manifestaciones geotérmicas ocurre en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), descrita por (Ferrari, 2000) como un arco volcánico que se desarrolla sobre la margen sudoccidental de la Placa de Norteamérica como resultado de la subducción de las Placas Rivera y Cocos a lo largo de la trinchera de Acapulco. La zona geotérmica de la Caldera de Acoculco se localiza en los límites de los estados de Puebla e Hidalgo, en el extremo oriental del Cinturón Volcánico Mexicano, CVM. La zona geotérmica de Acoculco se caracteriza por una caldera volcánica de km de diámetro y una actividad volcánica representada por domos riolíticos, conos de escoria y derrames andesíticos (De la Cruz y Castillo, 1986). Un yacimiento geotérmico, permite entender muchos fenómenos físico-químicos que se suceden debido al fenómeno de interacción fluido/roca, ya que muchos parámetros pueden ser medidos directamente, no siendo así para los sistemas hidrotermales fósiles o yacimientos minerales. La alteración hidrotermal es un proceso complejo que ocurre en diversos regímenes tectónicos, que involucra cambios mineralógicos, texturales y químicos, resultado de la circulación e interacción de fluidos acuosos calientes y supercríticos con las rocas en condiciones físicas y químicas en evolución (Pirajno, 2010). De acuerdo a (Brone, 1978) las variables que influyen en la formación de minerales de alteración hidrotermal están controlados por las siguientes categorías principales: 1.- Temperatura, 2.- Química de los fluidos, 3.- Concentraciones, 4.- Composición de la roca encajonante, 5.- Cinética química, 6.- Duración de la actividad o el grado de equilibrio y 7.- Permeabilidad (Corbett y Leach, 1998). Mediante cartografía escala 1:10 000 se presenta la distribución de alteraciones hidrotermales en la zona NE de la caldera de Acoculco ocurre oxidación hidrotermal intensa acompañada con oxidación superficial. En la parte de SW ocurre alteración argílica y argílica avanzada. En la zona central de la caldera las anomalías de azufre y sílice ocurre en la zona de Alcaparrosa y en la zona de los azufres. Finalmente de las muestras recolectadas en campo y con los trabajos de laboratorio de FRX y SWIR, las cuales indican las zonas donde los minerales de alteración predominan y nos permiten clasificar de una manera confiable el grado de alteración que se observa en la Caldera de Acoculco.

SE08-70 CARTEL

ESTUDIO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN SOMERA EN LA CALDERA LA REFORMA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Sena-Lozoya Eleyra Berenice¹, González Escobar
Mario², Gómez-Arias Efraín³ y Gómez Avila Marianggy⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³Catedrático CONACYT, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁴Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
eleyra@cicese.edu.mx

El complejo volcánico de Las Tres Vírgenes Baja California Sur, alberga uno de los cinco campos geotérmicos en México, llamado Las Tres Vírgenes. A pesar de los estudios detallados de Las Tres Vírgenes y de la caldera El Aguajito, no se tiene mucho conocimiento de la Caldera La Reforma, la cual puede ser de interés geotérmico. A partir de este escenario, se realizó un levantamiento de datos de sísmica de refracción somera a lo largo de 5 km en la Caldera La Reforma para generar un perfil de velocidades sísmicas; así como la perforación de dos pozos someros (55 m de profundidad cada uno) que son cortados por dicho perfil, con una distancia entre ellos de 1.4 m, para la medición de temperaturas in-situ y recuperación de núcleos. En este trabajo se presentará la interpretación de los perfiles de sísmica de refracción adquiridos en entre los pozos perforados, con los objetivos de interpretar estructuras geológicas y de correlacionar el modelo de velocidades sísmicas en 2D con la columna litológica de los pozos, para determinar la aplicabilidad del método sísmico como método de exploración geotérmica en zonas volcánicas.

SE08-71 CARTEL

EXPLORACIÓN MAGNÉTICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO LA PRIMAVERA, JALISCO

Fierro Macías Carlos Daniel¹, Escobedo Zenil David², García Serrano Alejandro²,
Cifuentes Nava Gerardo³, Cárdenas-Soto Martín² y Núñez Cornú Francisco Javier²

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOC

²Departamento de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM
carlosd.fierrom@gmail.com

Por su importancia para el aprovechamiento de energía geotérmica, la caldera de La Primavera, Jalisco ha sido estudiada intensamente desde la década de los 80. El campo geotérmico de La Primavera se ubica, aproximadamente, a 20 km al oeste de la ciudad de Guadalajara, en la parte occidental de la Faja Volcánica Transmexicana, cerca de la intersección de los graben de Colima, Chapala y Tepic-Zacoalco. Este campo geotérmico se localiza en un complejo volcánico riolítico, que empezó su formación hace 120,000 años, seguido de una erupción, hace 95,000 años, que causó el colapso de la cámara magmática y la formación de una caldera de 11 km de diámetro rodeada por domos riolíticos. El colapso de la caldera provocó la aparición de fallas locales con direcciones NW-SE y NE-SW, a lo largo de las cuales se presentan fumarolas y aguas termales. El vulcanismo de La Primavera confirma la existencia de una fuente de calor que podría ser el origen de la actividad hidrotermal. El método magnético permite la detección de variaciones espaciales del campo magnético local con respecto de los valores matemáticos teóricos. Se sugiere este método para la exploración de cámaras magmáticas, donde las anomalías magnéticas negativas señalan cuerpos con temperaturas más elevadas con respecto del área circundante, debido a la pérdida de los minerales de sus propiedades magnéticas permanentes al acercarse al punto de Curie. Para la exploración magnética se hicieron levantamientos simultáneos de campo magnético total y gradiométrico con sensores de precesión protónica. Se mantuvo una separación vertical de los sensores para el levantamiento gradiométrico de 56 cm. En este trabajo se muestran los resultados preliminares generados a partir de la primera campaña de adquisición de datos magnéticos en la Primavera (Guadalajara) del Proyecto P-24 Exploración sísmica pasiva y magnetotélúrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera, con una duración de una semana y llevada a cabo en la segunda mitad de 2017.

Sesión especial

MODELACIÓN DE PROCESOS ATMOSFÉRICOS: TEORÍA Y APLICACIONES

Organizadores:

Yuri Skiba

David Parra Guevara

SE09-1

POLINOMIOS ESFÉRICOS Y SUS APLICACIONES

Mireles Arellano Fernando¹ y Skiba Iouri²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
anarquistas_666@hotmail.com

El presente trabajo considera las propiedades básicas de los polinomios de Legendre, funciones asociadas de Legendre, funciones trigonométricas y armónicos esféricos. Se introducen proyectores ortogonales en los subespacios de los polinomios esféricos homogéneos y de los polinomios esféricos de grado n , y los espacios de Hilbert de funciones sobre la esfera de diferente grado de suavidad. Los resultados teóricos tienen varias aplicaciones, especialmente en el uso del método espectral para resolver numéricamente problemas diferenciales sobre la esfera. En este trabajo se plantean los problemas continuos para la ecuación de Poisson, la ecuación de difusión y la ecuación de vorticidad barotrópica sobre el dominio esférico y se usa el método espectral y los polinomios esféricos para discretizar dichos problemas. En el caso de las ecuaciones de Poisson y difusión, se obtienen las soluciones analíticas de los problemas discretos. Y problemas discretos para la ecuación de vorticidad barotrópica se puede utilizar para estudiar numéricamente la dinámica de un fluido incompresible y la estabilidad lineal de un flujo en una esfera en rotación.

SE09-2

UNLIMITED SOLUTIONS OF NONLINEAR DIFFUSION EQUATION ON A SPHERE AND IN A SPHERICAL SHELL

Skiba Iouri¹ y Filatov Denis²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Sceptica Scientific Ltd, Stockport, UK
skiba@unam.mx

This work is devoted to the numerical study of unlimited (fast-growing) solutions of the nonlinear diffusion problems on a sphere and in a spherical shell with a nonlinear forcing. Such blow-up regimes appear due to a strong positive nonlinear feedback. The extremely growing solutions are of interest in a large number of applications, e.g. rapid compression and accumulation of matter (laser fusion), chemical kinetics, magnetohydrodynamics, meteorology (formation of a tornado and lightning), ecology (growth and extinction of biological populations), neurophysiology, epidemiology (infectious disease outbreaks), economics (rapid economic growth), demography (world population growth), among others. The numerical solution is based on using the coordinate splitting and two spherical coordinate maps. The method allows applying periodic boundary conditions in the latitudinal and longitudinal directions. The split 1D problems are solved using Sherman-Morrison formula and/or Thomas algorithm. This approach leads to unconditionally stable implicit second-order finite difference schemes. The accuracy of method have been tested with several numerical experiments including the simulation of nonlinear spherical travelling waves generated by the complex nonlinear forcing and nonlinear dissipation. Such wave solutions demonstrate a periodic decay and emergence of wave structures via the self-organization process. Three practically important combustion (blow-up) regimes with fast-growing temperature over a finite time were successfully simulated: the HS-regime when the temperature grows in an expanding domain, the LS-regime when the temperature grows in a shrinking domain, and the S-regime when the temperature grows in a fixed-size domain. References Marchuk G.I. (1982), Methods of Computational Mathematics, Springer, NY. Samarskii A.A. et al. (1995), Blow-Up in Quasilinear Parabolic Equations, Walter de Gruyter, Berlin. Skiba Yu.N., D.M. Filatov (2012). On an Efficient Splitting-Based Method for Solving the Diffusion Equation on a Sphere. Num. Meth. Part. Diff. Eqns. (Wiley) 28 (1), 331-352. Skiba Yu.N., D.M. Filatov (2013). Splitting-based schemes for numerical solution of a nonlinear diffusion equation on a sphere. Appl. Math. Comput. (Elsevier) 219 (16) 8467-8485. Skiba Yu.N., D.M. Filatov (2017). Phenomena of Nonlinear Diffusion in Complex 3D Media. Procedia Computer Science (Elsevier) 108C, 2383-2387. Wu Z. et al. (2001), Nonlinear Diffusion Equations, World Scientific Publishing, Singapore.

SE09-3

UN MODELO ESPECTRAL DE CIRCULACIÓN GENERAL DE COMPLEJIDAD INTERMEDIA

Pérez Ismael¹, Aguilar Alejandro² y Hernández Jaime²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM
ismael@unam.mx

En este trabajo se presentan los primeros resultados de la corrida del modelo espectral de circulación general de complejidad intermedia, llamado SPEEDY (Simplified Parameterizations, primitive-Equation DYnamics) para estudiar diversos casos recientes. Se parte de un caso simple de atmósfera estándar como condición inicial y luego se añaden condiciones observadas. El código fue desarrollado por Franco Molteni y Fred Kucharski. Es un modelo hidrostático, en coordenadas θ (0, 0.05, 0.14, 0.26, 0.42, 0.60, 0.77, 0.90, 1) y originalmente desarrollado en el Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. Usa la técnica de transformada espectral

en la forma de vorticidad-divergencia, con tratamiento semi-implícito de las ondas de gravedad. Las variables básicas son la vorticidad, divergencia, temperatura absoluta, el logaritmo de la presión en superficie y la humedad específica. Usa distintas parametrizaciones físicas, como condensación de gran escala, radiación de onda corta y larga. En la integración en el tiempo usa el esquema leapfrog y el filtro tipo Rebert 1966 para suprimir el ruido computacional. Hiperdifusión a la cuarta potencia del Laplaciano para V , D , T y Q . La resolución horizontal es 96×48 puntos y en truncación T30. Usamos un servidor Linux y con el compilador fortran PGI. Se usa el software CDO para manipular los datos, el NCL y Ncargraphic para desplegar los datos.

SE09-4

USO DE MÁQUINAS DE SOPORTE VECTORIAL Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA EL ANÁLISIS PREDICTIVO POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

González Romero Alejandro¹ y Hernández Rosales Arturo²
¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo

²Instituto Politécnico Nacional, ESIA U. Ticmán
contacto@agonzalezr.com

Cada año la Comisión Nacional de Agua y diversos organismos, reportan afectaciones por fenómenos hidrometeorológicos en diversos estados del país, tales como; inundaciones y deslaves, costando pérdidas materiales y humanas. Para prevenir y tratar minimizar dichos impactos, se emplean modelos numéricos de circulación general meteorológicos e hidrológicos, los cuales están basados en la solución de ecuaciones matemáticas que describen los procesos fundamentales en una región, para así obtener una proyección a futuro, poder evaluar el evento y con esta base las instituciones responsables puedan tomar decisiones en dicha zona de posibles afectaciones. Sin embargo; los modelos numéricos presentan actualmente cierta incertidumbre en sus resultados, dada la complejidad de estos procesos meteorológicos para ser simulados. Por esta razón, se propone en este trabajo una alternativa para la predicción de estos fenómenos hidrometeorológicos mediante máquinas de soporte vectorial (SVM); el cual es un sistema de aprendizaje basado en la teoría estadística y redes neuronales las cuales han demostrado un buen desempeño en aplicaciones del mundo real, como categorización de texto, reconocimiento de caracteres escritos a mano, clasificación de imágenes, análisis de biomarcadores, y también para la creación de herramientas de aprendizaje automático en minería de datos. Se pretende utilizar SVM para la creación de una herramienta de predicción basándose en datos meteorológicos para así evaluar y comparar su desempeño versus modelos numéricos para la predicción de desastres.

SE09-5

SOBRE UN MÉTODO VARIACIONAL PARA FILTRAR SERIES DE TIEMPO

Parra Guevara David

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
pdavid@atmosfera.unam.mx

Las series de tiempo son conjuntos de datos que tienen gran importancia en diversas áreas de la ciencia y la ingeniería ya que son un instrumento que contiene información relevante tanto para la predicción de fenómenos como para la estimación de parámetros de modelos. En las últimas décadas, las aplicaciones de las series de tiempo se han extendido a campos realmente disímiles, entre los que se encuentran la predicción del comportamiento de los mercados financieros, la predicción de ataques epilépticos, la predicción de eventos de extinción en ambientes naturales deteriorados, la estimación del incremento de la temperatura global o la recuperación de la historia de emisión de fuentes contaminantes. Dependiendo del tipo de aplicación, las series de tiempo pueden requerir de un pre-procesamiento que separe o filtre la información relevante con el fin de disponer de datos más precisos y así mejorar las predicciones o estimaciones. Una de las aplicaciones más importantes de los filtros es la remoción de los errores, los cuales pueden ser más o menos nocivos dependiendo del tipo de problema que se desea resolver a través del conjunto de datos disponibles. En particular, los errores de alta frecuencia contenidos en las series de tiempo representan una dificultad para la solución de los problemas inversos relacionados con la identificación de parámetros en los modelos de dispersión de contaminantes. En este trabajo se presenta un método para filtrar series de tiempo con el objetivo de eliminar el error de alta frecuencia contenido en los datos. Se explica la importancia de la remoción de tal error y se enfatiza la diferencia entre este método y los esquemas contenidos en la teoría clásica del filtrado de series de tiempo. El método de filtrado se formula a través de un problema variacional. El funcional cuadrático que se minimiza está formado por un término que aproxima los datos y dos términos ponderados que estiman el tamaño de las dos primeras derivadas. Los parámetros de ponderación se introducen para regular el proceso de filtrado. Se prueba que el mínimo del funcional es la solución de una ecuación lineal de Euler-Lagrange de cuarto orden. Dicha ecuación diferencial se discretiza a través de fórmulas de diferencias finitas de segundo orden de aproximación para obtener un sistema lineal de ecuaciones. La solución de dicho sistema lineal es la serie de tiempo filtrada. Se describen dos criterios para seleccionar los parámetros que regulan el proceso de filtrado y se presentan ejemplos numéricos del filtrado de series de tiempo que confirman el buen desempeño del método.

SE09-6

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO DE VARIABLES REPRESENTANDO FORZAMIENTO POR MONTAÑA: IDENTIFICACIÓN DE INVARIANTES DINÁMICOS EN LA REGIÓN SERRANA ZACATLÁN PUEBLA-TERRENATE TLAXCALA MÉXICO

Morales Acoltzi Tomás¹, Bernal Morales Rogelio², Magaña Rueda Víctor O.¹, Monroy Martínez José D.¹, Alva Pacheco Juan Carlos² y Bernal Romero Marcos¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de Tlaxcala
acoltzi@atmosfera.unam.mx

RESUMEN Las regiones montañosas ocupan una fracción significativa de los continentes de la tierra y se caracterizan por sistemas meteorológicos específicos que operan en una amplia gama de escalas. Por otro lado, la literatura plantea el concepto de relatividad de escala. Básicamente propone que cada escala tiene un máximo de energía. Aquí analizaremos el flujo atmosférico registrado cada diez minutos en dos estaciones meteorológicas. Considerando experimentos numéricos a diferentes escalas en el tiempo. El objetivo es hacer un seguimiento a la transformación de la energía del viento que impacta a la sierra Madre Oriental alcanzando la parte más alta. La base de datos por dos estaciones será descrita a continuación. La estación meteorológica de Zacatlán, está en el estado de Puebla con coordenadas Longitud Oeste $\# = 97^\circ 57' 46.68''$, Latitud Norte $\# = 19^\circ 55' 33.86''$ y con una Altitud $h = 2046$ msnm. Considerada como Urbana. La estación meteorológica de El Capulín, Terrenate, está en el estado de Tlaxcala con coordenadas Longitud Oeste $\# = 97^\circ 54' 29''$, Latitud Norte $\# = 19^\circ 26' 58''$ y con una Altitud $h = 2720$ msnm. Considerada como Rural. La base de datos meteorológicos tiene un período de 2015-04 al 2017-07. Las estaciones se encuentran a barlovento, sobre la Sierra Madre Oriental. Con una diferencia de El principal resultado está asociado a la identificación del efecto cascada en la energía.

SE09-7

BIOREMEDIATION OF OIL-POLLUTED MARINE ZONES: STRATEGIES FOR THE DISCHARGE OF NUTRIENTS

Parra Guevara David y Skiba Iouri
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
pdavid@atmosfera.unam.mx

Bioremediation is a technique that uses microorganisms to clean up oil residuals stranded on inaccessible shorelines. The release of nutrients in the marine environment to enhance the consumption of oil by indigenous hydrocarbon degrading microorganisms (biostimulation) is fundamental in this technique [2]. In this work, optimal strategies for the release of nutrients are formulated. The idea of such strategies is the use of sea currents to distribute nutrients to the oil-polluted zones. In this case, the key for achieving a successful biostimulation is obtaining a critical concentration of nutrients needed for maximum growth of microorganisms, and keeping this concentration as long as possible. The strategies are optimal because they minimize the mass of nutrients introduced into the aquatic system. An initial boundary-value problem for the advection-diffusion equation and its adjoint problem are considered to model, estimate and control the dispersion of nutrient in a limited region. In the oil-polluted zone, the mean concentration of nutrient is determined by means of an integral formula in which the adjoint model solution serves as a weight function. We consider two strategies (weak and strong control) to determine the optimal discharge parameters: the release point and discharge rate of nutrient. In the weak control [3], a variational problem is considered. The objective is minimizing the mass function for a nutrient provided that the mean concentration of this substance is equal to a critical concentration during a finite interval of time. The analytical expression for the optimal rate of discharge of nutrient is given as a multiple of the solution of adjoint problem calculated for the oil-polluted zone. From this expression, a nonlinear mass function is obtained whose minimum value determines the optimal discharge point. In the strong control [1], the discharge rate is designed to maintain the critical mean concentration of nutrient in the zone since a suitable moment which depends on the sea currents, location of the polluted zone and discharge point. This formulation is an ill-posed problem. To find a regularized solution, we assume that the conditions of dispersion are stationary and use the steady solution of dispersion model as well as the generator of adjoint functions. The discharge rate is determined as a linear combination of Dirac functions, and the corresponding coefficients are calculated as the solution of a system of linear equations which is solved through a Tikhonov-type regularization. The optimal discharge point is obtained as in the weak control. Numerical experiments demonstrate the effectiveness of the two strategies of bioremediation. [1] Parra-Guevara, D. and Y.N. Skiba. Bioremediation of Oil-Polluted Marine Zones: Weak and Strong Control of the Discharge of Substances. *Proceedings of EngOpt 2016. Brazil, E-papers*, 478-487 (2017). [2] Prince, R.C., R.R. Lessard, & J.R. Clark. Bioremediation of Marine Oil Spills. *Oil & Gas Science and Technology*, 58(4), 463-468 (2003). [3] Skiba Y.N. and D. Parra-Guevara. Application of Adjoint Approach to Oil Spill Problems. *Environmental Modeling & Assessment*, Springer, 22(4), 379-395 (2017).

SE09-8

ARTIFICIAL BOUNDARY CONDITIONS FOR TRANSPORT AND DIFFUSION IN COMPLEX COMPUTATIONAL DOMAINS

Filatov Denis
Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
denisfilatov@gmail.com

A numerical method for simulation of air pollution flows in the atmosphere of cities is developed. The domain of interest (the city) is assumed to be an open finite domain of an irregular form with an artificial boundary, which leads to the problem of imposing an adequate boundary condition. An infinite family of local artificial boundary conditions is constructed using the method of operator splitting of the model's governing partial differential equation. It is proved that the resulting boundary value problems are well-posed in the sense of existence, uniqueness and stability of the solution. Numerical experiments are presented to demonstrate efficiency of the developed method.

SE09-9 CARTEL

SOLUCIONES AUTOSIMILARES DE LA ECUACIÓN LINEAL CLÁSICA DE DIFUSIÓN 1D MEDIANTE ANÁLISIS DIMENSIONAL

Peña Maciel Daniel
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
deadbyken@yahoo.com.mx

La propiedad de los sistemas de permanecer sin cambios (permanecer invariantes) cuando se realizan ciertas transformaciones, tiene importantes consecuencias, por ejemplo, la conservación de cantidades físicas en dichos sistemas. En otras palabras, es posible aprovechar la simetría presente en los sistemas, para lograr simplificaciones útiles en la resolución de problemas físicos en la ciencia y la ingeniería, descritos mediante modelos diferenciales, lineales o no lineales. No todas las simetrías que aparecen en los sistemas físicos son puramente geométricas, la razón es que las cantidades físicas se caracterizan por sus dimensiones, además de sus atributos geométricos. La dimensión de una cantidad está relacionada con las unidades en términos de las cuales se mide. Debido a sus propiedades dimensionales, las cantidades que describen un sistema físico tienen simetrías que están relacionadas con el hecho de que la elección de las unidades de medida es arbitraria y no guarda relación alguna con la sustancia de los fenómenos. Esto es en esencia lo que se llama simetría de escala, y su manifestación consiste en que la descripción de los procesos físicos debe ser invariante con respecto a los cambios de las unidades de medida, o, equivalentemente, con respecto al escalamiento de las mismas cantidades. El análisis dimensional explota la invariancia con respecto al grupo de transformaciones de escala, reduciendo el número de combinaciones entre las variables y los parámetros que rigen un problema y, restringiendo el tipo de dependencias funcionales entre ellos, simplificando el análisis y permitiendo obtener leyes de escala útiles. Considerando el contexto planteado, en este trabajo se exploran las propiedades de algunas soluciones analíticas autosimilares de la ecuación lineal clásica de difusión 1D, comparando dichas soluciones contra aquellas obtenidas mediante métodos clásicos como separación de variables o transformada de Laplace. Además, se indaga la posible aplicación de éstas, al estudio de esquemas numéricos. Todo lo anterior considerando que dicha ecuación, modela la propagación de una sustancia (por ejemplo algún contaminante) debido a la difusión.

SE09-10 CARTEL

PRONOSTICO DE CONCENTRACIONES DE OZONO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO USANDO FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Zenteno Jimenez Jose Roberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
zenteno20jr@hotmail.com

El Estudio comprende un análisis de datos desde el año 2010 al 2016, el cual se propuso obtener la mejor o mejores Funciones de Distribución de Probabilidad que Modelen las Concentraciones de Ozono en la Ciudad de México, usando las siguientes PDF, Función de Distribución Exponencial, Función de Distribución Inversa Gaussiana, Función de Distribución Log Normal y Función de Distribución Gama, para Obtener los Estimadores se uso el Método de Máxima Verosimilitud y de Momentos para la PDF Gama, para valoración del modelo de pronostico se usaron los estimadores RMSE, MSE, Coeficiente de Determinación e Index A, a su vez se hace un pronostico para días de excedencia para este 2017 corroborando con la pagina oficial de aire de la Ciudad de México.

SE09-11 CARTEL

PRONÓSTICO DE RADIACIÓN SOLAR

Barcenas Castro Maydes
Universidad de Guadalajara, CUCEI
maydes.barcenas@gmail.com

A partir de la situación energética existente, se han instalado en ocasiones, parques fotovoltaicos y paneles solares sin estudios del comportamiento de este recurso. Actualmente, no es suficiente el conocimiento sobre la climatología de la radiación solar, sino que se impone la necesidad de conocer su comportamiento futuro. Se desarrolla un modelo de pronóstico de radiación solar para plazos de 24-48 horas a partir de las salidas de nubosidad a 1km de resolución del modelo de predicción numérica WRF. Para ello se desarrollarán estudios de sensibilidad de las parametrizaciones de radiación solar y microfísica del modelo WRF. También se emplearán modelos de transferencia radiativa para el cálculo de radiación y se realizarán los pronósticos teniendo en cuenta las salidas de nubosidad del WRF. Se pretende evaluar las salidas de radiación del modelo numérico y las de los modelos de transferencia, a partir de estaciones en superficie y mediante imágenes satelitales (Método HELIOSAT). Se compararán los dos pronósticos de radiación y teniendo en cuenta los resultados se implementará un modelo de pronóstico de radiación solar. La bibliografía internacional refleja que son más efectivos los modelos de transferencia radiativa para estudios como este, por lo que durante la investigación se determinará el valor agregado que se obtiene entre ambas salidas y además al mejorar resolución. Estos resultados serán de gran utilidad para diferentes sectores de la economía y planificación energética. Por consiguiente, es de sumo interés conocer si en un lugar determinado la intensidad de la radiación solar se comportará de manera que sea aprovechable por el sistema energético.

Sesión especial

OBSERVATORIOS DEL INTERCAMBIO DE ENERGÍA, AGUA Y CARBONO ENTRE LA SUPERFICIE Y LA ATMÓSFERA EN MÉXICO: HACIA LA CONSOLIDACIÓN DE MEXFLUX

Organizadores:

M. Susana Alvarado Barrientos
Eugenia González del Castillo
Friso Holwerda
Enrico A. Yépez

SE10-1

¿QUE HUBO?, ¿QUE HAY? Y QUE SIGUE CON MEXFLUX EN EL CONTEXTO DE LAS BIOGEOCIENCIAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Yepez Enrico A.¹, González del Castillo Eugenia², Alvarado Barrientos María Susana³, Holwerda Friso⁴ y Vargas Rodrigo⁵

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³CONACYT - El Colegio de la Frontera Sur

⁴Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

⁵University of Delaware

yepezglz@gmail.com

Avanzar el conocimiento sobre los procesos que regulan la interacción de los ciclos del agua y del carbono es vital para entender procesos ecosistémicos desde un punto de vista funcional y consolidar teoría de las biogeociencias en el contexto del cambio climático. En México a pesar de tener un compromiso importante para cuantificar y comunicar las emisiones de gases de efecto invernadero existe información muy limitada sobre el potencial de secuestro de carbono y los factores de emisión de gases de efecto invernadero de los ecosistemas naturales, lo cual representa una oportunidad de investigación básica en biogeociencias. MexFlux es una red conformada por un conjunto de sitios representando diferentes ecosistemas donde se lleva a cabo monitoreo de flujos de gases de efecto invernadero (GEI) (vapor de agua, CO₂ y metano) y balance de energía a nivel de superficie, mediante técnicas micrometeorológicas (covarianza de vórtices o "eddy covariance"), en territorio mexicano. MexFlux promueve la estandarización de procedimientos de medición y post-procesamiento de datos entre los sitios miembros, para fortalecer la capacidad instalada en México con el fin de integrar tales datos a repositorios regionales y globales (e.g. AmeriFlux, Fluxnet) y fomentar amplia colaboración entre los miembros para estudios comparativos y de síntesis. Uno de los objetivos principales de los sitios MexFlux es realizar observaciones directas del intercambio de energía y GEI entre la superficie y la atmósfera, a escalas espaciales y temporales relevantes para diversas aplicaciones en ciencias de la Tierra, atmosféricas y ambientales. En este sentido, los sitios MexFlux constituyen esfuerzos importantes que generan datos y conocimiento pertinentes para la construcción de políticas públicas locales, regionales y nacionales. Además, como red, se tiene la oportunidad de vinculación con esfuerzos internacionales para el monitoreo satelital de procesos de interacción superficie-atmósfera, al proveer datos de realidad sobre el terreno para validación y desarrollo de productos espaciales derivados. Esto puede generar productos de valor agregado para la detección temprana de riesgos ambientales, (e.g., cambio climático, pérdida de hábitat y biodiversidad, eventos extremos) y la asistencia en la toma de decisiones políticas en México. En México hemos documentado la existencia de 23 sitios que tienen o han tenido instalaciones de covarianza de vórtices acumulando casi 67 años-sitio de información cubriendo selvas, bosques, matorrales, pastizales así como ecosistemas costeros, urbanos y agrícolas en los estados de Baja California, Sonora, Jalisco, Hidalgo, CDMX, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo. Actualmente existen 11 sitios activos con 3.5 años de monitoreo continuo en promedio, con sitios de pastizales y matorrales semiáridos hasta con 7 y 9 años de monitoreo continuo. Ha trascendido que en los últimos 3 años han se han instalado 4 nuevos sitios en ecosistemas de manglar representando sus porciones tropicales en Chiapas y Quintana Roo y su límite septentrional árido en Sonora.

SE10-2 PLÁTICA INVITADA

EVOLUCIÓN DE ESTUDIOS EN TORNO A LA BIOFÍSICA DE FLUJOS DE CO₂ Y H₂O EN EL MATORRAL SEMIÁRIDO DE EL MOGOR, BAJA CALIFORNIA

Bullock Stephen

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
sbullock@cicese.mx

Los métodos de covarianza de vórtices (EC) para estimar los flujos de CO₂ y H₂O han sido aplicados en un sitio de matorral subperennifolia bajo clima semiárido en Baja California desde 2008. Centrado en cuantificar la productividad primaria neta anual y los factores asociados a su variación, el monitoreo ya abarca una gama de experimentos naturales en variación climática (por ej. la precipitación anual ha variado entre 45 y 637 mm). Sin embargo, procesos de perturbación y desarrollo a más largo plazo podrían afectar a la modelación bioclimática. Hasta ahora la pura estimación de los flujos viene con complementos de otros datos físicos pero pocos bióticos. Mientras tanto, el desarrollo del sistema, uso de los datos, publicación y relaciones con otros grupos han sido más impactados por factores externos sociales que por el desarrollo temático. El intercambio neto del ecosistema (NEE) y la evapotranspiración (ET) se han complementado con otras variables meteorológicas, del suelo y cobertura. Estudios de la respiración del suelo (Rs) han llevado a consideraciones metodológicas y de modelaje de amplia aplicación. Falta ponderar la humedad de advección, aislar evaporación y mejorar la estimación de GPP y de la respiración del sistema. Actualmente se investiga el grado de diversidad funcional entre especies dominantes para conocer sus respuestas a condiciones variantes y sus papeles en el sistema. También se evalúan las bases de modelos globales en su aplicación regional y la modelación de GPP por técnicas simples, ajustada a GPPEC; estos labores se dirigen a sustentar o formular métodos más factibles y de mayor

alcance y adaptabilidad espacial para estudios de la productividad o el balance de carbono y del uso del agua. En cuanto a colaboraciones y redes en México, se sugiere prioridad en dos temas: la calibración o adaptación de modelos respecto al C a ecosistemas en regiones subtropicales semiáridos y áridos (por fundamental y relevante globalmente), y la estructuración y calibración de métodos más simples (para atender paisajes difíciles y bajar las barreras a estudios instrumentales). Por otro lado se sugiere mayor inversión en discusión e intercambios dirigido a cambios en métodos, escalas (en especial del tiempo), preguntas y presentación. Se espera que el presente foro fomentará mayor interacción entre colegas geofísicos y biólogos para atender problemas complejos de alta relevancia.

SE10-3 PLÁTICA INVITADA

DINÁMICA DE FLUJOS DE CARBÓN Y AGUA EN ECOSISTEMAS NATURALES Y TRANSFORMADOS EN LA REGIÓN DEL DESIERTO SONORENSE

Castellanos Alejandro¹, Hinojo Hinojo Cesar², Rodríguez Julio César³, Montoya José⁴, Figueroa Gudelia¹ y Romo-León José R.¹

¹Universidad de Sonora, UNISON

²DICTUS, Universidad de Sonora

acastell@guaymas.uson.mx

Las zonas áridas se encuentran subrepresentadas, máxime en México, en los monitoreos de productividad neta del ecosistema mediante flujos turbulentos de carbón y agua. Se ha planteado que estos ecosistemas responden principalmente a las variables físicas como los períodos de precipitación, como sucede en ambientes estacionales, sin embargo recientemente se ha detectado la importancia del legado biológico en su funcionamiento. En un estudio comparativo iniciado hace 8 años, se vienen comparando los efectos en la dinámica de flujos de un matorral subtropical en el Desierto Sonorense, con su similar que ha sido transformado a Sabana de Buffel para fines ganaderos. Los resultados a la fecha permiten visualizar los efectos sobre los componentes de flujos del ecosistema por la variación estacional e interanual, así como la contribución de los componentes climatológico, biológico y estructural a la dinámica de los flujos. A diferencia de estudios previos en regiones desérticas y de manera importante, se encontraron diferencias en los patrones estacionales de los flujos y los componentes estadísticos de los flujos, determinados principalmente por la estructura y composición de los ecosistemas estudiados. Dadas las condiciones generalizadas de uso del suelo en México, se propone el establecimiento de redes pareadas de monitoreo que permita diferenciar los efectos del manejo, biológicos y climatológicos en los ecosistemas.

SE10-4 PLÁTICA INVITADA

DRY SEASON PRECIPITATION LEGACY EFFECTS DETERMINE THE CARBON BALANCE OF A SEMIARID GRASSLAND

Delgado-Balbuena Josue¹, Arredondo José Tulio², Loescher Henry William², Pineda-Martínez Luis Felipe³, Carbajal Pérez José Noel⁴ y Vargas Rodrigo⁴

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²National Ecological Observatory Network, NEON

³Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

⁴University of Delaware

josuedb@gmail.com

Semi-arid grasslands are water limited ecosystems where precipitation (PPT) controls the onset and duration of the growing season, however, recent research has highlighted the role of PPT legacies as an additional driver of productivity in grassland ecosystems. We examined the effects of PPT variability on C fluxes in a semi-arid grassland at both seasonal and interannual scales, as well as the role of PPT legacy effects on the net ecosystem carbon exchange (NEE) and its components (gross ecosystem exchange, GEE, and ecosystem respiration, ER). Both, five years of continuous NEE data measured with the eddy covariance technique (EC) and GEE estimated with 13 years of enhanced vegetation index (EVI) data were used to examine PPT legacies. The semi-arid grassland was a C source and a C sink for contrasting PPT years (98.75 to -106.59 g C m⁻² y⁻¹). At seasonal scale, legacies of the previous season PPT explained NEE and GEE variability (87% of unexplained variability). Overall, dry-season precipitation determined the C uptake capacity of the following growing-season and the annual C balance. In contrast, dry season PPT did not significantly affected wet season GEE or ER. Models of climate change for semi-arid grasslands in North America predict up to 20% reduction of winter-spring precipitation and slight to null summer PPT decrease. Thus, our results suggest that future changes in PPT may have a strong impact on the C uptake capacity of this ecosystem due to weakened legacy effects in summer C uptake.

SE10-5

FLUJOS DE CALOR SENSIBLE Y LATENTE EN LA REGIÓN TROPICAL DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ: EFECTOS POR VARIACIONES ESTACIONALES Y CAMBIOS EN LA COBERTURA DE SUELO

Holwerda Friso¹, Alvarado Barrientos María Susana² y González Martínez Teresa³¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM²CONACYT - El Colegio de la Frontera Sur³Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM
friso.holwerda@gmail.com

Las relaciones entre el clima, la cobertura vegetal y el intercambio de agua y energía entre la superficie y la atmósfera en regiones tropicales húmedas de montaña de México, son aún poco conocidas y entendidas. Por tanto, este trabajo investigó la estacionalidad en la partición de flujos de agua y energía en un bosque mesófilo de montaña (BMM), cafetal bajo sombra (CAS) y caña de azúcar (CAÑ) en el centro de Veracruz, y también evaluó los cambios en estos flujos asociados con la conversión del BMM a CAS o CAÑ. Los flujos de calor sensible (H) y latente (LE) fueron medidos utilizando la técnica de eddy covarianza (CAS y CAÑ) y métodos de flujo de savia (BMM). Durante la época de lluvias, los promedios de mediodía de la razón de Bowen (#) para días soleados fueron los más bajos y menos variables entre las distintas coberturas vegetales: 0.4 ± 0.2 en BMM, 0.5 ± 0.1 en CAÑ y 0.7 ± 0.1 en CAS. Por el contrario, al final de la época de secas (marzo y abril), las razones de Bowen fueron en general más altas y mucho más variables. Los valores más altos de # fueron observados en el bosque, lo cual probablemente refleja la pérdida parcial de hojas de las especies caducifolias (2.4 ± 0.8 , marzo) y un mayor control estomático (1.4 ± 0.3 , abril). Comparado con el BMM, la energía disponible para los flujos turbulentos fue similar en el CAS ($-3 \pm 7\%$) y un $15 \pm 8\%$ más baja en la CAÑ. Aunque no todos los resultados fueron estadísticamente significativos, éstos sugieren que para la época de lluvias, la conversión del BMM a CAS o CAÑ conlleva a una disminución de un $15 \pm 14\%$ o $15 \pm 17\%$ en el LE para días soleados, respectivamente; mientras que los valores correspondientes de H aumentan un $37 \pm 38\%$, o permanecen iguales ($-4 \pm 40\%$), respectivamente. Por el contrario, para el final de la época seca, la conversión de BMM a CAS o CAÑ resultó en un LE más alto y un H más bajo, con cambios de $+79 (\pm 32)\%$ – $45 (\pm 16)\%$ (CAS) o $+39 (\pm 32)\%$ – $43 (\pm 16)\%$ (CAÑ) comparado con un BMM parcialmente sin hojas (marzo), y de $+17 (\pm 16)\%$ – $11 (\pm 16)\%$ (CAS) en comparación con un BMM con follaje completo (abril). Con el fin de cuantificar con mayor exactitud los cambios en H y LE asociados con la conversión del bosque, el trabajo a futuro deberá centrarse en reducir los errores asociados a las estimaciones de los flujos.

SE10-6

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE UN CAFETAL BAJO SOMBRA: SEPARANDO LA CONTRIBUCIÓN DEL ESTRATO DE CAFETOS Y ÁRBOLES CON EL MÉTODO DE EDDY COVARIANZA

Barrios Barocio Alejandra Carolina^{1,2} y Holwerda Friso²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
alexca1988@gmail.com

Los cafetales bajo sombra constituyen una parte importante de las zonas de bosque mesófilo de montaña en México, siendo crucial estudiar su evapotranspiración para entender el papel que juega el cambio de uso del suelo en la hidrología y el clima de estas regiones. Con el fin de entender el efecto que tiene la variación en la distribución de las densidades de café y árboles de sombra sobre la evapotranspiración total, es importante conocer la contribución de cada estrato (cafetos y árboles de sombra) por separado. Además, esta información es útil para conocer los consumos de agua y la posible competencia por este recurso entre los estratos. Se evaluó la aplicación del método de eddy covarianza para separar la contribución del estrato de café y de árboles de sombra a la evapotranspiración total. Para esto, los flujos de calor sensible (H) y latente (LE) se midieron por encima de los cafetos (3.7 m) y de los árboles (16.5 m), en una plantación en el centro de Veracruz, durante cuatro días en la temporada seca de 2015. De forma independiente se determinó la radiación neta (Rn) por encima del dosel arbóreo y al nivel de los cafetos, y el flujo de calor del suelo (G). Tanto la pendiente de la regresión lineal entre H+LE y Rn-G (1.28) como la razón de balance de energía (0.97) indican en promedio un buen cierre de balance de energía al nivel del sotobosque. Sin embargo, existió mucha variación en los flujos turbulentos de periodo a periodo de 30 minutos, resultando en una relación no lineal con la energía disponible y un coeficiente de determinación bajo ($r^2=0.53$ versus $r^2=0.79$ por arriba del dosel de los árboles de sombra). Esto posiblemente se debe a la heterogeneidad espacial de Rn al nivel de los cafetos y del LE producto de la transpiración, en combinación con una pequeña huella de flujo. Además, el carácter intermitente de la turbulencia a este nivel puede haber jugado un papel. Finalmente, los cafetos contribuyeron en 19% a la evapotranspiración total.

SE10-7

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO MOD16 DE EVAPOTRANSPIRACIÓN GLOBAL SOBRE REGIONES DE PLANTACIONES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE VERACRUZ, A PARTIR DE MEDICIONES DE FLUJOS TURBULENTOS EN SUPERFICIE

Salazar Martínez Diego¹ y Holwerda Friso²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, PCT UNAM²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
diego.sm@ciencias.unam.mx

Para poder entender los efectos meteorológicos y climáticos que el cambio de uso de suelo puede generar a nivel regional, es necesario cuantificar las variaciones de los flujos de agua y energía inherentes a dicha práctica. Lo anterior cobra fuerza en zonas donde el cambio de uso de suelo es una práctica común e intensa. Tal es el caso de la región Central del Centro de Veracruz donde el bosque mesófilo de montaña que dominaba la región, se ha visto reemplazado por plantaciones de café y caña de azúcar, así como por poblaciones cercanas que continúan creciendo (Coatepec y Xalapa p. ej.). Una herramienta alternativa a las mediciones in situ, las cuales pueden resultar costosas y demandantes en términos de instalación y mantenimiento, son los registros remotos, como el caso de los productos satelitales. MOD16 es un producto de MODIS que estima la evapotranspiración global basado en el algoritmo de Mu (2011) [Remote Sensing of Environment 115, 1781-1800]. A pesar de que los datos de evapotranspiración de MODIS proporcionan un mayor alcance tanto espacial como temporal, no dejan de ser el resultado de observaciones remotas de las características de la vegetación y de datos de reanálisis, aplicados a un modelo tipo Penman-Monteith, por lo tanto es recomendable que se evalúen con mediciones en superficie. En respuesta a esto, se decidió comparar los registros realizados en y/o alrededor de una torre de flujos instalada en una plantación de café en la localidad de La Orduña, Veracruz, la cual ha colectado datos de flujos en los últimos 10 años a través del método Eddy-Covarianza, con los registros acumulados de 8 días de evapotranspiración de MODIS (correspondientes al pixel donde se encuentra ubicada la torre de flujos); lo anterior para el periodo de Agosto 2006 a Septiembre 2009. Para ello, se compararon las variables tanto remotas (otros productos MODIS como albedo, FPAR, LAI) como meteorológicas (datos de reanálisis MERRA, NASA como temperatura, humedad relativa, etc.) que alimentan el algoritmo de Mu (2011), con mediciones realizadas en la misma torre de flujos. A su vez, se pretende evaluar si existió algún efecto de estrés hídrico en la ET y si el producto MOD16 fue capaz de detectarlo a través de la comparación de las resistencias de superficie, así como realizar una prueba de sensibilidad de los principales parámetros utilizados en el algoritmo de Mu.

SE10-8

EVALUACIÓN DE LOS FLUJOS DE CARBONO Y AGUA EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA YUCATECA EMPLEANDO EL MÉTODO DE COVARIANZA DE VÓRTICES

Uuh Sonda Jorge¹, Figueroa Espinoza Bernardo¹, Gómez Nicolás Mariana Patricia², Gutiérrez Jurado Hugo³ y Méndez-Barroso Luis Arturo⁴¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM²Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera³Department of Geological Sciences, University of Texas at El Paso⁴Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora
jorge.uuh.sonda@gmail.com

La Península de Yucatán alberga cerca del 15% de las selvas tropicales del país, las cuales tienden a ser de los ecosistemas más productivos en generación de biomasa y asimilación de carbono atmosférico, pero cuyos funcionamiento y mecanismos de transformación de energía y uso de agua permanecen poco conocidos. Uno de ellos es la Selva Baja Caducifolia (SBC) caracterizada por tener una fuerte estacionalidad en la producción de biomasa como consecuencia del aumento en los eventos de precipitación (PP). Por ello, se espera que su capacidad de secuestro de CO₂ tenga una fuerte estacionalidad cuya magnitud y duración dependan altamente de la frecuencia e intensidad de los eventos de precipitación. Para comprender mejor este mecanismo, el Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC) y el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) de la UNAM han establecido un sitio de monitoreo ecohidrológico dentro de la Reserva Estatal del Palmar, al Noroeste de Yucatán. Este sitio, pionero en el Estado, monitorea el intercambio de flujo de carbono y agua usando el método de covarianza de vórtices (Eddy Covariance). El sitio también cuenta con instrumentación para el registro de datos meteorológicos y la estimación de flujos de energía. Nuestros primeros resultados muestran claramente que los pulsos de precipitación ejercen un fuerte control sobre el Intercambio Neto de Carbono (NEE), Producción Primaria Bruta (GPP), Respiración del ecosistema (Reco) y Evapotranspiración (ET). En general, el sitio se comporta como un sumidero de carbono donde las mayores tasas de secuestro se presentaron en invierno (diciembre-febrero, -3.34 gC/m²d) y continuaron durante la primavera (febrero-Mayo, -3.01 gC/m²d). Sin embargo, al inicio de la temporada de lluvias (finales de mayo-Junio) la tendencia se revierte, pues se observa una gran cantidad de CO₂ ($+430.80$ gC/m²) liberada hacia la atmósfera, la cual representa el 80% de la cantidad fijada los primeros seis meses de observaciones (diciembre-mayo, -543.18 gC/m²). Esta repentina liberación de

CO₂ ya ha sido observada en otros ecosistemas tropicales semiáridos y estaría relacionado con el súbito aumento de la actividad microbiana en el suelo tras las primeras lluvias, aumentando por consiguiente la respiración del ecosistema (Reco). Conforme se desarrolla la temporada de lluvias, el ecosistema inicia gradualmente la transición de fuente a sumidero de carbono debido al aumento en la GPP y una disminución en la Reco. Por otra parte, los flujos de Evapotranspiración (ET) estuvieron altamente correlacionados con la cantidad acumulada de precipitación donde los mayores flujos se presentan durante la temporadas de lluvia de verano (PP = 260.60 mm, ET = 5.00 mm/d) y los más bajos durante la época seca (PP = 11 mm, ET = 1.50 mm/d). Nuestros resultados preliminares muestran la importancia de continuar con un monitoreo a largo plazo. Múltiples años de datos no solo nos ayudará a conocer la eficiencia con la que este ecosistema fija CO₂, sino que nos permitirá evaluar cómo la variabilidad climática afecta la dinámica estacional de los flujos de Carbono y Agua.

SE10-9

ESTABLECIMIENTO DE UN OBSERVATORIO DE DINÁMICA DE FLUJOS DE CARBONO, AGUA Y ENERGÍA EN MANGLARES SEMIÁRIDOS DEL NOROESTE DE MÉXICO

Méndez-Barroso Luis Arturo y Sánchez-Mejía Zulía Mayari
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
luis.mendez@itson.edu.mx

Los manglares en el Noroeste de México se encuentran localizados principalmente en zonas con clima árido y semiárido. Estos ecosistemas áridos difieren de otros similares en que tienen entradas efímeras de agua superficial i.e. breves pero importantes pulsos de precipitación. Estos pulsos son resultado del desarrollo del Monzón de Norteamérica así como la influencia de huracanes y tormentas tropicales del Pacífico. Por consecuencia, los manglares de esta región están restringidos en franjas angostas bordeando la costa en forma discontinua y presentan una altura menor con respecto a los trópicos. Por otro lado, además de las amenazas ambientales que reciben estos ecosistemas i.e. cambio climático, se suma la amenaza del creciente desarrollo económico y poblacional de la región. Ambas ponen en peligro los servicios ecosistémicos de los manglares en el Noroeste. A pesar de su extensión, existe evidencia de que estos ecosistemas tienen una gran capacidad de secuestro de gases de efecto invernadero y se encuentran entre los mayores almacenes de carbono terrestre a nivel global. Sin embargo, la dinámica en flujos de carbono, agua y energía de los manglares semiáridos no es bien entendida aún. Por este motivo, el sitio de monitoreo costero de Navopatia, en la costa sur de Sonora, representa una oportunidad para entender tanto la dinámica de secuestro de bióxido de Carbono (CO₂) como los potenciales almacenes de carbono en esta franja costera. El sitio de monitoreo se encuentra dentro del sistema lagunar Agiabampo-Bacorehuís-Rio Fuerte y está reconocido por la Convención Ramsar (1797) como humedal costero de importancia internacional. El sitio de monitoreo comenzó formalmente a operar en Febrero de este año y cuenta con instrumentación para la medición de flujos de intercambio de Carbono y agua entre la superficie y la atmósfera (Método de Covarianza de vórtices), variaciones continuas del nivel de inundación, temperatura del océano y variables meteorológicas. El método de covarianza de vórtices, nos permite conocer la dinámica espacio-temporal de la producción primaria bruta del ecosistema (GPP) y su tasa de eficiencia de uso de agua (WUE). Por otra parte, se ha iniciado la cuantificación de almacenes de carbono a lo largo de la franja costera incluyendo tanto la parte terrestre como la acuática. La evolución en la fenología vegetal se esta realizando mediante cámaras automáticas para la determinación de índices de verdor y poder ser relacionados con datos de percepción remota y de terreno. El establecimiento y operación de este sitio será de gran importancia para entender la variabilidad estacional de los flujos de carbono, agua y energía. Dicha información nos permitirá cuantificar la producción primaria del ecosistema así como conocer los mecanismos que afectan la magnitud de estos flujos y las principales rutas de almacenamiento de carbono. En nuestra opinión, la información generada en este sitio ayudará a ampliar el conocimiento actual sobre los manglares localizados en climas áridos y semiáridos, así como, remarcar su importancia en el secuestro de gases efecto de invernadero.

SE10-10

PRIMEROS RESULTADOS DEL MONITOREO DE FLUJOS DE CALOR, AGUA Y CARBONO DE UN MANGLAR EN LA COSTA NORTE DE QUINTANA ROO

Alvarado Barrientos María Susana¹ y Hernández Arana Héctor A.²
¹CONACYT - El Colegio de la Frontera Sur
²El Colegio de la Frontera Sur
susana.alvarado@gmail.com

Los manglares son considerados entre los ecosistemas más productivos del planeta. Dada su importancia como almacenadores, transformadores y exportadores de materia orgánica, son ecosistemas marino-costeros prioritarios para la captura y almacenamiento de carbono orgánico denominado "carbono azul". Por esta razón tienen alto potencial para impactar el balance global de carbono. La mayoría de los estudios relacionados en México se han centrado en cuantificar el carbono almacenado en diferentes componentes de los manglares (suelo, vegetación y material orgánico en descomposición). De tal manera que los factores ambientales

determinantes de la dinámica de secuestro y emisión de carbono en estos ecosistemas son aún poco conocidos. Esto es debido, en parte, por las dificultades implícitas en la adquisición, instalación y mantenimiento de torres de flujo en sitios poco accesibles y periódicamente inundables como los manglares. De hecho, aún son pocos manglares a nivel global instrumentados con torres de flujo. Los manglares que existen a lo largo de las costas tropicales, como los de Quintana Roo, están bajo continua presión de degradación y conversión a otros usos de suelo, a causa de desarrollos urbano-turísticos extensivos. De tal manera que es inminente la necesidad de generar información que contribuya también a modelar los efectos de su conversión a otros usos de suelo sobre, por ejemplo, el balance de carbono y la hidrología y clima local. En este trabajo reportamos los primeros resultados del monitoreo continuo del intercambio de calor, agua y carbono (CO₂ y CH₄) entre la atmósfera y un manglar de cuenca ubicado en Puerto Morelos, Quintana Roo. Discutimos los principales hallazgos durante la época de lluvias 2017. También discutimos las oportunidades de colaboración para el uso de los datos generados no sólo para el área de ecología funcional sino también para las ciencias atmosféricas y de la Tierra.

SE10-11

MODELOS DE PROCESOS ECOSISTEMICOS COMO HERRAMIENTA PARA ESTUDIAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DEL MONZÓN NORTEAMERICANO

Verduzco Monge Vivian Shimei¹, Vivoni Enrique², Yepez Enrico A.³, Rodríguez Julio César⁴, Watts Christopher⁴, Tarín Tonantzin⁵, Robles Agustín⁵, Garatza Payán Jaime⁵ y Ivanov Valeriy⁵
¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Arizona State University
³ITSON
⁴UNISON
⁵University of Michigan
vivian.verduzco@gmail.com

De acuerdo a las últimas proyecciones del panel intergubernamental de cambio climático, los ecosistemas áridos y semi-áridos enfrentarán condiciones más áridas e incremento de temperaturas. Sin embargo, interacciones complejas entre procesos ecosistémicos durante la temporada de lluvias limitan el estudio sus posibles consecuencias en la dinámica del carbono. El objetivo de este trabajo es estudiar las posibles consecuencias de las proyecciones de cambio climático sobre la región del monzón Norteamericano, en el noroeste de México, utilizando dos modelos de procesos: ecohidrológico (TRIBS-VEGGIE) y de carbón de suelo. Se simularon series largas (100 años) de variables meteorológicas representando condiciones históricas (1990-2005) y futuras (2030-2045) con y sin fertilización por CO₂, usando modelos de circulación general. Los resultados muestran reducción de la productividad primaria bruta bajo condiciones hidro-climáticas futuras y, por lo tanto, condiciones más neutrales de productividad neta. Con este trabajo se espera avanzar en el conocimiento acerca de los potenciales impactos del cambio climático en el noroeste de México y suroeste de EU.

SE10-12

INTEGRACIÓN DE FLUJOS TURBULENTOS Y PERCEPCIÓN REMOTA PROXIMAL Y SATELITAL PARA CUANTIFICAR LOS EFECTOS DE EVENTOS CLIMÁTICOS INFRECUENTES EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE UN BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

González del Castillo Eugenia¹, Sánchez Azofeifa Arturo², Paw U Kyaw Tha³, Quesada Avendaño Mauricio¹ y Ortega Huerta Miguel A.¹
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²University of Alberta
³University of California Davis
eu.gonzaranda@atmosfera.unam.mx

La caracterización de los patrones espaciales y temporales de la productividad primaria terrestre requiere la integración de observaciones a diferentes escalas y provenientes de diversas técnicas de monitoreo. Adicionalmente a los patrones estacionales e interanuales típicos, en los últimos años ha crecido el interés por documentar y cuantificar el efecto de extremos climáticos relativamente infrecuentes (e.g. ciclones, heladas) en la capacidad de los ecosistemas terrestres para fijar y almacenar carbono. Presentamos los resultados de combinar información obtenida de una torre de monitoreo de flujos de CO₂, con un índice de vegetación EVI2 (Enhanced Vegetation Index 2) de banda ancha obtenido a nivel de suelo, y un EVI2 satelital derivado del espectrorradiómetro MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), en el Bosque Tropical Caducifolio de Chamela, Jalisco, entre 2008 y 2015. El monitoreo de flujos y el EVI2 proximal capturaron adecuadamente cambios de productividad debidos a: 1) variaciones de precipitación asociadas a El Niño-La Niña del 2009-2010, 2) la temporada de cabañuelas de 2013, y 3) la súbita defoliación ocasionada por el paso del huracán Jova en octubre de 2011. El EVI2 de MODIS se utilizó para generar una curva de fenología foliar 'típica' pre-huracán, contra la cual se cuantificaron las variaciones en productividad primaria del bosque debidas al paso del ciclón. La defoliación disminuyó en 15% la productividad en los 20 días inmediatos posteriores al huracán, pero el reverdecimiento posterior resultó en un incremento de 46% de productividad entre noviembre de 2011 y mayo de

2012. Concluimos que el uso combinado de estas fuentes de información permite cuantificar los efectos de perturbaciones ambientales sobre el Bosque Tropical Caducifolio, un ecosistema cuyo comportamiento estacional dificulta la identificación y monitoreo de disturbios temporales en la dinámica de la productividad.

SE10-13

HACIA LA INTEGRACION DE ESFUERZOS NACIONAL EN LA MEDICION DE FLUJOS Y ALMACENES DE CARBONO: REMPACI

Paz Fernando¹ y Velázquez Rodríguez Alma²

¹Programa Mexicano del Carbono

²Universidad Autónoma del Estado de México
terpazpel@gmail.com

Los esfuerzos en México para el establecimiento de sitios y redes de medición de flujos y almacenes de carbono, y otras variables, han sido en función de los intereses de los investigadores principales y las fuentes de financiamiento. Las experiencias son múltiples y diversas, sin un eje de coordinación efectiva, más allá de propuestas de buena voluntad. El Programa Mexicano del Carbono lanzó en el 2017 la iniciativa para la creación de la Red Mexicana de Paisajes Asociados al Carbono y sus Interacciones (REMPACI) con los objetivos: integración y coordinación de esfuerzos nacionales, institucionalización de esfuerzos y homologación de métodos y análisis, principalmente. Bajo esta perspectiva se presenta la REMPACI y propuestas de integración de redes en México (MexFlux, SMIC, etc.), bajo un esquema de visión nacional y de complementariedad y sinergias.

SE10-14 CARTEL

INTERCAMBIO NETO DE CARBONO EN EL MANGLAR EL SARGENTO, SONORA, MÉXICO

Rodríguez Julio César¹, Robles Zazueta Carlos A.², Vargas Terminel Martha Lucia³, Castellanos Alejandro¹, Yepez Enrico A.², Meling López Alf¹, Watts Christopher¹ y Hinojo Hinojo Cesar²

¹Universidad de Sonora, UNISON

²CIMMYT

³Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
jcrood@guayacan.uson.mx

Los manglares se distribuyen entre los # 30° Lat. N y S en el planeta y en México su distribución máxima latitudinal es ~30°N. En Sonora, el Estero el Sargento es uno de los manglares que cuenta con las tres especies principales (R. mangle A. germinans y L. racemosa) y protegidos por la NOM-059. Esta asociación vegetal presta una importante cantidad de servicios ecosistémicos y no existe en esta región estudios sobre su contribución en el intercambio de carbono. En este sentido fue instalada una torre micrometeorológica y otros sensores en agua para determinar su climatología, las componentes de la ecuación de balance de energía, el hidropériodo, salinidad y el flujo de carbono entre la superficie y la atmósfera desde el 2013. El análisis de datos se realizó utilizando el programa EddyPro (Burba, 2012). Los resultados preliminares muestran que esta manglar fijo alrededor de 400 g C m⁻² año⁻¹.

SE10-15 CARTEL

EFFECTOS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL INTERCAMBIO DE CO₂, AGUA Y ENERGÍA ENTRE LA ATMÓSFERA Y EL BOSQUE TROPICAL SECO DEL NOROESTE DE MÉXICO

Rojas-Robles Nidia¹, Yepez Enrico A.¹, Garatuza Payán Jaime¹, Vargas Rodrigo², Sánchez-Mejía Zulia Mayari¹, Álvarez-Yepiz Juan Carlos¹, Robles Morúa Agustín¹, Méndez-Barroso Luis Arturo¹ y Madrigal-Gómez Jose M.³

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²University of Delaware

³Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C.
nerojasrobles@gmail.com

Avanzar en el conocimiento de las biogeociencias en México para su aplicación requiere de esfuerzos coordinados de monitoreo del intercambio de elementos y energía entre la atmósfera y la superficie en ecosistemas clave del país bajo sus distintas situaciones de manejo y disturbio. En este trabajo presentamos resultados de un programa monitoreo a largo plazo del intercambio dinámico de carbono, agua y energía con la técnica de covarianza de vórtices establecido en un bosque tropical seco del noroeste de México. Se compara la Productividad Neta del Ecosistema (PNE), la Evapotranspiración (ET) y la Eficiencia de Uso de Agua (EUA) del Ecosistema en tres sitios con condiciones edafoclimáticas similares pero con distintos estados sucesionales. El observatorio ecohidrológico se compone de un sitio desmontado con una recuperación de 9 años y dominado por la cobertura de *Acacia cochliacantha* (sucesión temprana, ST), un bosque secundario con ca. 35 años de recuperación (bosque secundario; BS) y un bosque maduro (BM) de referencia. Las características generales de los flujos en estos 3 sitios muestran una marcada estacionalidad, en donde: durante la temporada seca los flujos de agua son despreciables en todos los sitios (ET cerca de cero), y la asimilación de CO₂ alcanzan sus niveles más bajos. En la temporada húmeda durante el Monzón de

Norte América (julio-septiembre), inicialmente se observa la característica común para ecosistemas estacionales secos de una pérdida sostenida de CO₂ de varios días, pero rápidamente se reconoce la dominancia de flujos asimilatorios dominantes conforme el bosque reverdece. Sin embargo, con el avance de la temporada húmeda destacan diferencias notorias entre sitios, siendo que el bosque maduro muestra un flujo respiratorio sostenido por más tiempo y las tasas de asimilación más amplias en comparación con los sitios en sucesión. Para el año 2016, destaca que entre mayo y diciembre, se mostraron diferencias importantes en los flujos de carbono y agua acumulados, ya que los sitios de ST, BS y BM presentaron valores de 384.2, 243.5 y 368.3 g C m⁻² para C y 527, 510, 641 kg m⁻² de agua respectivamente. Destacan las diferencias en la EUA (g C m⁻²/kg H₂O m⁻²) en donde los sitios de ST, BS y BM mostraron valores de 0.57, 0.47 y 0.72 respectivamente. Las diferencias observadas sugieren que los mecanismos que controlan el intercambio de C, agua y su interrelación está controlada por distintos procesos en los diferentes estados sucesionales del bosque tropical seco del noroeste de México.

SE10-16 CARTEL

RED GPS-HIDROMETEOROLÓGICO DEL MONZÓN 2017: RESULTADOS PRELIMINARES DE FLUJOS DE AGUA, ENERGÍA Y CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS DEL NOROESTE DE MÉXICO

Pérez Ruiz Elí Rafael¹, Vivoni Enrique¹, Rodríguez Julio César², Verdusco Monge Vivian Shimeí², Adams David³, Gochis David⁴, Yepez Enrico A.⁵ y Robles Morúa Agustín⁵

¹Arizona State University

²Universidad de Sonora, UNISON

³Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

⁴Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

⁵University Corporation for Atmospheric Research, UCAR
eli.perez@asu.edu

El monzón de Norteamérica se caracteriza por un cambio drástico en las condiciones meteorológicas y los flujos de materia y energía entre la superficie y la atmósfera debido a un incremento sustancial de precipitación en el noroeste de México. Para cuantificar los flujos de carbono, agua y energía durante la evolución del monzón, se estableció una red densa de sensores en la zona central de Sonora, México de junio a septiembre como parte de la Red GPS-Hidrometeorológico del Monzón 2017. El área de estudio fue delimitada por tres torres micrometeorológicas equipadas con sistema de covarianza de vórtices, sistemas GPS para medir el vapor de agua en la columna atmosférica y otras mediciones relevantes de temperatura, humedad relativa y precipitación. Las torres se localizaron en un matorral subtropical (~650 msnm), un bosque de mezquites (~700 msnm) y un bosque de encino (~1400 msnm) en una forma triangular con distancias de aproximadamente 30 km. Se presentan resultados preliminares de la transición en los flujos de carbono, vapor de agua y energía al comienzo del monzón, la evolución en periodos secos durante el monzón y los cambios al finalizar la temporada de lluvias. El entendimiento de los flujos de agua, carbono y energía es fundamental para determinar el efecto de los ecosistemas en la recirculación de vapor de agua hacia la atmósfera ya que. los ecosistemas del noroeste de México podrían jugar un rol importante en la producción de lluvias y en el sostenimiento del sistema meteorológico en ciertos periodos del monzón.

SE10-17 CARTEL

CONTRIBUCIÓN DEL ROCÍO AL BALANCE HÍDRICO Y SU APROVECHAMIENTO POR EL BIOMA DEL PASTIZAL

Aguirre Carlos¹, Arredondo José Tulio¹, Holwerda Friso², Yepez Enrico A.³, Escoto Martín⁴, Carbajal Pérez José Noel¹ y Delgado-Balbuena Josue¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

⁴Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
carlosaguirre.alb@ipicyt.edu.mx

Se ha demostrado que el rocío es una fuente importante de agua para muchos ecosistemas, especialmente para los ecosistemas áridos y semiáridos costeros o cercanos a la costa, contribuyendo a mejorar el balance hídrico y afectando el funcionamiento de las plantas. Sin embargo, poco se conoce sobre la importancia y los efectos del rocío en ecosistemas semiáridos continentales. Con el fin de entender el efecto que tiene la presencia de rocío en los ecosistemas semiáridos es necesario cuantificar el aporte y duración de la presencia de agua en estos ecosistemas continentales. Con este fin, en este estudio se midió la presencia y cantidad de rocío desde Enero 2011 a Diciembre de 2016 (5 años de mediciones) para conocer su contribución al balance local de agua en un pastizal semiárido dominado por *bouteloua gracilis* en Ojuelos Jalisco. Se calculó la cantidad de rocío utilizando un modelo de energía, el cual se validó con los datos obtenidos durante dos semanas de mediciones con microlisímetros en el sitio de estudio. La presencia y frecuencia de los eventos de rocío se obtuvo utilizando un sensor de humedad de hoja. La presencia de rocío correspondió al 70% de las noches durante todo el estudio, con una duración promedio de 6 horas por noche. Los eventos de rocío duraron más durante el invierno y a comienzos de la primavera, esto es debido probablemente a la presencia de eventos de niebla durante los días de noviembre a marzo, por lo que en estos casos el sensor detecta humedad casi durante toda la noche. .

El promedio anual de rocío fue de 54.5 mm, el cual representa el 11.6% de la precipitación anual. Nuestros resultados resaltan la relevancia del rocío como una fuente constante de agua en estos ecosistemas semiáridos continentales, así como también una contribución significativa en el balance hídrico local principalmente durante los períodos prolongados de sequías cuando el rocío puede ser la única fuente de agua en estos ecosistemas.

SE10-18 CARTEL

¿CUÁL ES LA INFLUENCIA DEL HIDROPERÍODO EN LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE CO₂ ENTRE EL MANGLAR Y LA ATMÓSFERA?

Barreras Apodaca Aylin Cristina, Sánchez Machado Fernando
Ignacio, Sánchez-Mejía Zulia Mayari y Méndez-Barroso Luis Arturo
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
aylinbarreras@gmail.com

En un bosque de mangle, el intercambio de carbono (C) entre el ecosistema y la atmósfera esta modulado por factores climáticos (i.e. temperatura y precipitación) y ambientales (i.e. hidroperíodo y salinidad). El hidroperíodo, comprende el nivel y período de inundación, el cual es dinámico con respecto a las mareas. Durante las mareas vivas se observa una columna de agua mayor y que dura por un periodo más prolongado, con respecto a las mareas muertas. Esta dinámica influye en los procesos biogeoquímicos y el intercambio de CO₂, H₂O y energía. El objetivo de la presente investigación fue explorar la influencia de la marea viva y muerta, en el intercambio de CO₂ y vapor de agua, así como las variables que lo influyen. El estudio se llevó a cabo en el observatorio ecohidrológico Navopatia, sitio Ramsar (1797) situado en una zona semiárida al sur del Municipio de Huatabampo, en el estado de Sonora. En el sitio de estudio, se encuentra instalado un sistema de covarianza de vórtices (EC, eddy covariance) conformado por un anemómetro sónico (Gill) y un IRGA (LI-7500RS), así como instrumentos micrometeorológicos, de salinidad y nivel de inundación. Se analizó una serie de tiempo de verano (Junio-Julio, 2017) donde las variables estudiadas fueron: salinidad, nivel de inundación, flujo de CO₂ y flujo de H₂O, temperatura del aire y del agua, y el VPD (déficit de presión de vapor). Adicionalmente, se evaluaron modelos empíricos para determinar la influencia de las variables antes mencionadas en el intercambio de CO₂ y H₂O entre el ecosistema y la atmósfera. De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que al incrementar la temperatura del aire (max 38°C) y del agua (max 36°C) disminuye la capacidad de secuestro de CO₂ del ecosistema. La salinidad influye de forma similar que la temperatura, a concentraciones por encima de 32 ppt. En cuanto al nivel de inundación al disminuir (<0.2 m) se observa mayores emisiones de CO₂ a la atmósfera. En períodos de marea muerta, las emisiones de CO₂ son mayores que durante las mareas vivas, al contrario que las emisiones de vapor de H₂O. Se espera que los ecosistemas de manglar funcionen como sumidero de CO₂, debido a la capacidad fotosintética de la vegetación, y a la lenta descomposición de la biomasa, suelos saturados y condiciones anaeróbicas. Sin embargo de acuerdo a las variables estudiadas, en manglares semiáridos del Noroeste de México similares a los de Navopatia, la capacidad de secuestro es mayor durante las mareas vivas que las mareas muertas en el periodo de verano. Trabajos futuros deberán considerar análisis multiparamétricos (i.e. Análisis de Componentes Principales), y variabilidad estacional (i.e. invierno, análisis anual) para determinar que variables influyen más bajo las diferentes condiciones de mareas.

SE10-19 CARTEL

FACTORES DE CONTROL DE LA CONDUCTANCIA SUPERFICIAL Y EVAPOTRANSPIRACIÓN EN UN CAFETAL BAJO SOMBRA EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

Granados Martínez Karol Paulina¹ y Holwerda Friso²
¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
kalordepic@hotmail.com

Los cafetales bajo sombra son parte importante del mosaico de coberturas del suelo que caracteriza el paisaje de las regiones tropicales húmedas de México. El estudiar los factores que controlan la evapotranspiración (ET) de los cafetales es importante para conocer el papel que juegan en la hidrología y clima a escala local y regional. El objetivo de este estudio fue determinar los factores hidrometeorológicos que controlan la evapotranspiración y la conductancia superficial de un cafetal bajo sombra durante la época seca y de lluvias. Para esto, se utilizaron datos de ET (método de Covarianza de Eddy), balance de radiación, variables meteorológicas y humedad en el suelo que fueron colectados en un cafetal de tipo monocultivo de sombra en el centro de Veracruz, México, durante los meses de marzo, abril (temporada seca) y julio (temporada de lluvias) del 2014. Mediante la inversión del modelo de Penman-Monteith se obtuvo la conductancia superficial (gs) del cafetal para días soleados. Para conocer qué factores controlan la gs se estudió la relación que tiene con el déficit de presión de vapor (DPV), la radiación solar entrante (Rs), la temperatura (T) y el contenido de agua en suelo (CAS), utilizando el modelo Jarvis-Stewart. El análisis mostró que tanto el DPV como el CAS fueron factores importantes en el control de la conductancia superficial reduciendo la gs hasta un 38% en temporada de secas en comparación con la lluviosa. Sin embargo, la disminución correspondiente en ET fue solo un 12% debido a que la plantación

estaba moderadamente acoplada a la atmósfera (el coeficiente de desacoplamiento osciló entre 0.38 y 0.47). Este grado moderado de acoplamiento refleja una conductancia aerodinámica relativamente baja, que a su vez es probablemente el resultado de las bajas velocidades del viento.

SE10-20 CARTEL

INFLUENCIA DE LA ADVECCIÓN SOBRE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN UN CULTIVO DE NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA

Orci-Fernández Luisa Fernanda, Ríos-Quijada Danira M.,
Rodríguez Julio César, Lizárraga-Célaya Carlos y Watts Christopher
Universidad de Sonora, UNISON
lot96orcidfz@gmail.com

Se describen los resultados de un experimento de medición de flujos de calor y vapor de agua sobre la superficie cultivada utilizando la técnica de covarianza de vórtices en un cultivo de nogal. En el experimento se realizan observaciones micro meteorológicas en un área del nogal cuya extensión es de 100 hectáreas y se encuentra extensamente rodeado por una zona desértica. Durante el día, se observa que en repetidas ocasiones el flujo de calor sensible es negativo y el flujo de calor latente es mayor que la energía disponible. La energía que se requiere para que el flujo de calor latente sea mayor que la energía disponible debería proceder de lugares adyacentes a la zona húmeda (efecto oasis). Esta última energía debería de ser producto de un fenómeno de advección local o regional. Se utiliza un modelo sencillo basado en Penman-Monteith para describir esta advección local o regional. Utilizando este modelo se muestra la influencia de la velocidad del viento en el transporte de calor. El modelo utilizado es capaz de describir la relación observada entre el flujo de calor sensible (H) y la velocidad de viento horizontal (u) durante la noche, la cual juega un papel importante en el fenómeno de advección. Los coeficientes de correlación entre la temperatura y la componente horizontal del viento también son un buen indicador del fenómeno de advección. Con la ayuda del programa EddyPro se utiliza el método de Kljun para caracterizar el área de influencia (Footprint) para determinar el origen del transporte de calor por los vientos de la superficie.

SE10-21 CARTEL

DETERMINACIÓN DE FLUJOS TURBULENTOS DE CALOR SENSIBLE Y LATENTE MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS VARIANZAS-BALANCE DE ENERGÍA

Quintero Vallejo Edson Yael¹ y Holwerda Friso²
¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
eds07n@ciencias.unam.mx

El conocimiento de los flujos de energía entre la superficie y la atmósfera son de suma importancia, ya que estos son necesarios para modelar y entender diversos procesos meteorológicos, hidrológicos y agrícolas. Para realizar las mediciones de dichos flujos la técnica de covarianza de remolinos se posiciona como la técnica preferida por la comunidad científica, ya que ésta proporciona una medida directa de ellos para un parche representativo de la superficie bajo estudio. No obstante, debido al alto costo de adquisición del equipo de medición, mantenimiento e implementación de la técnica, ha sido complicado el uso de ésta dentro del territorio mexicano, donde los recursos destinados al sector de la ciencia son relativamente bajos y la inseguridad es uno de los principales problemas; resultando así en una escasez de mediciones de dichos flujos para las diferentes cubiertas vegetales presentes en México. Haciendo evidente la necesidad de validar técnicas más económicas y sencillas para la medición de los flujos. El objetivo de este trabajo fue validar una técnica que cumple con estas características (la técnica de las varianzas) con la técnica de covarianza de remolinos. Para esto se calcularon los flujos de calor por ambas técnicas para posteriormente realizar una comparación estadística entre estos. Las mediciones que se utilizaron fueron efectuadas cerca del poblado de Coatepec, Veracruz, en dos superficies vegetales diferentes (un cafetal bajo sombra y una plantación de caña de azúcar), y fueron recolectadas durante la temporada húmeda y seca del año 2014. Cabe destacar que debido a que actualmente se desconoce cómo corregir el desbalance de energía asociado con el uso de la técnica de covarianza de remolinos, se supusieron tres posibles casos para forzar el cierre del balance y hacer posible su comparación con los obtenidos por la técnica de las varianzas. Los resultados arrojados muestran que la técnica de las varianzas es capaz registrar exitosamente la variación temporal de los flujos. Asimismo, en promedio se encontró una mayor similitud en los flujos medidos sobre el cafetal bajo sombra que sobre la plantación de caña, así como que se logró una mejor concordancia entre las técnicas a mayores valores de flujo, que generalmente coinciden con las condiciones de convección libre. Concluyendo así que debido a la efectividad y al bajo costo que conlleva la técnica de las varianzas esta puede ser útil para la realización de estudios en el campo de la hidrometeorología; además de que sería posible revertir la situación de escasez de mediciones de flujos en las superficies presentes en México.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores:

Marina Manea

Diego Gracia Marroquín

Rodrigo Alejandro León Loya

Adolfo Pacheco Castro

SE11-1

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EXPERIMENTAL PARA LA LICENCIATURA EN GEOCIENCIAS

Haro Corzo Sinhue Amos Refugio, Rodríguez Martínez Mario, Arredondo Yesenia, Cervantes Solano Miguel Angel, Colosi Daniele, Domínguez Luis, Hernández Orlando y Núñez Jose
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
sharo@enesmorelia.unam.mx

La forma tradicional de la enseñanza de la física teórica es veces sin un contexto además de estar desarticulada con la experimentación. Un propuesta para resolver esta situación es generar un manual que utilice las TICs y al mismo tiempo que los estudiantes realicen experimentos que son clave para la ciencia, en este caso, de mecánica clásica, desde un contexto multidisciplinario para las licenciaturas en Geociencias, Ciencias de Materiales Sustentables y Tecnología para la información en Ciencias. Este manual pretende aportar a los estudiantes y docentes algunas herramientas que les permitan integrar el marco teórico, práctico y la resolución de problemas por medio de la investigación con diversos recursos que ayuden a los estudiantes generar sus hipótesis y contrastarlas con los datos observados, provocando a que los estudiantes tengan un cambio conceptual. Las prácticas de este compendio están organizadas en una secuencia didáctica, las cuales proporcionan diversos enfoques, problemáticas y retos desde una perspectiva multidisciplinaria, dirigida a estudiantes de las licenciaturas físico-matemáticas de la Enes Morelia. Estas prácticas promueven a que los estudiantes verifiquen los conocimientos de la clase teórica, re aprendan los conocimientos desde la perspectiva experimental, así como el desarrollo de habilidades y competencias con diversos estilos de aprendizaje (auditivo, visual, kinestésico, de lectura y escritura) en la resolución de problemas.

SE11-2

LAS REDES SOCIALES COMO HERRAMIENTA DE DIVULGACIÓN: NUESTRA EXPERIENCIA EN EL SSN

Vela Rosas Miguel Ángel, Cárdenas Monroy Caridad, Pérez-Campos Xyoli y Grupo de trabajo Servicio Sismológico Nacional
Servicio Sismológico Nacional, UNAM
miguel@sismologico.unam.mx

Las redes sociales son actualmente una importante herramienta de comunicación. En el Servicio Sismológico Nacional nos han permitido tener mayor contacto con la población y responder a las inquietudes más frecuentes sobre el fenómeno sísmico de una manera accesible, utilizando un lenguaje claro y sencillo. Las dos redes sociales que se manejan en el SSN son Facebook y Twitter. Actualmente, existen dos cuentas de Twitter del SSN en las que se da información de sismicidad. La cuenta con mayor número de seguidores (@SismologicoMX) rebasa los 3 millones, lo cual, la convierte en una de las cuentas más populares en México. También existe una cuenta exclusivamente para preguntas e inquietudes del público (@ssn_mx), sin embargo, no ha alcanzado un número muy alto de seguidores. Es en Facebook (SismologicoMX) donde se ha tenido un acercamiento con el público de manera más constante, mediante las preguntas que son resueltas de manera oportuna y sencilla. Aprovechando la constante actividad de los seguidores del SSN en Facebook, se incursionó en una primera transmisión de Facebook Live el 13 de octubre de 2016 con motivo del Día Internacional para la Reducción de Desastres. A partir de esa experiencia, se tuvo la iniciativa de realizar sesiones en vivo de manera mensual a través de esta plataforma. Así, surgió la idea de crear la serie de transmisiones mensuales "Platicando con un sismólogo", las cuales, consisten en sesiones de media hora con la presencia de especialistas en Sismología, quienes contestan en tiempo real las preguntas del público. La respuesta que han tenido estas transmisiones ha sido positiva, al compartir temas básicos de Sismología a los seguidores del SSN en Facebook, buscamos ayudar a esclarecer los mitos más conocidos acerca de los sismos y disminuir el impacto de alertas apócrifas y falsas sobre posibles eventos sísmicos.

SE11-3

APLICACIONES DOCENTES DE LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Macías-Medrano Sergio¹, Hernández-Espriú Antonio¹, Mancera Alejandre Javier¹, Arias-Paz Alberto¹, Alvarado-Velázquez Olaya², García-Peregrina Brenda² y Sandoval-Salas Alejandro²
¹Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
sergioenrique@gmail.com

Las técnicas de observación terrestre han evolucionado dramáticamente durante las últimas dos décadas. Gracias a la geodesia terrestre y satelital, hoy en día es posible estudiar la evolución espacio-temporal de procesos geológicos diversos, como nunca antes se había podido lograr. Irónicamente, gran parte de este desarrollo tecnológico no ha permeado con la misma velocidad en el sector docente de las Ciencias de la Tierra. En las aulas se siguen usando con frecuencias técnicas clásicas de observación, que, aunque son útiles y valiosas, no tienen la potencialidad, precisión y sistematización de metodologías más modernas. En nuestro grupo de investigación hemos implementado técnicas de enseñanza basadas en la cartografía y fotogrametría digital (p.e. modelos

digitales, imágenes de satélite, sistemas geográficos, uso de cámaras fotográficas convencionales para desarrollar nubes de puntos 3D y últimamente vehículos aéreos no tripulados) que le permiten al alumno interpretar rasgos topográficos, geológicos y geomorfológicos (estructuras, litologías, patrones, etc.) usando herramientas fotogramétricas y cartográficas digitales. En este trabajo compartimos nuestras experiencias, métodos, herramientas computacionales y aplicaciones docentes de la cartografía y fotogrametría digital, en diferentes asignaturas de la carrera de ingeniería geológica impartida en la Facultad de Ingeniería (UNAM), como sistemas geográficos de información, mecánica de rocas, geología básica o hidrogeología. Este estudio está siendo financiado gracias al proyecto grupal PAPIIT IV 100117, realizado entre el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE11-4

LA RELEVANCIA DE LOS PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN ANTE UNA CRISIS DE COMUNICACIÓN

Martínez Gómez Jesús Daniel
Instituto de Geofísica, UNAM
comunicacion@igeofisica.unam.mx

Por su vocación institucional diversos proyectos e investigaciones que el Instituto de Geofísica de la UNAM (IGEF-UNAM) aborda en el ámbito de las Ciencias de la Tierra favorecen un gran impacto científico y social, debido a que contribuyen de manera significativa a resolver problemas del ámbito regional y nacional. En su Misión el IGEF-UNAM contempla: proporcionar información confiable y oportuna para la toma de decisiones sobre fenómenos geofísicos y ambientales, estudiados por sus diferentes departamentos, que impliquen riesgos para la sociedad. Es importante considerar también que esta entidad universitaria coordina las tareas de cinco Servicios Geofísicos, tres de ellos nacionales, por lo que sus responsabilidades, cuando de comunicar resultados se trata, son importantes pero también delicadas. Debido a ello, un aspecto digno de tomar en cuenta se refiere a las situaciones de crisis de comunicación que toda organización social es susceptible de enfrentar. En consecuencia, prever escenarios de crisis que amenacen el prestigio y reputación del IGEF-UNAM asegura una salida correcta y con el menor daño a su imagen institucional. La propuesta de un Manual para Situación de Crisis de Comunicación que presentaré en esta Reunión Anual de la UGM pretende destacar la importancia de contar con los protocolos de actuación adecuados, al interior de las organizaciones que estudian las Ciencias de la Tierra. Visto como una herramienta que facilitará su actuación ante las posibles crisis de comunicación.

SE11-5

DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DE UN CURSO VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Cortina Urrutia Lucila Margarita
Instituto de Geofísica, UNAM
lucila@igeofisica.unam.mx

La Unidad de Extensión Académica (UEA), antes Unidad de Educación Continua y a Distancia del Instituto de Geofísica, diseña y fomenta programas de actualización profesional y docente en el ámbito de las Ciencias de la Tierra desde el 2002, año de su creación. Tiene como objetivo principal ofrecer cursos, talleres, diplomados y conferencias a los profesionales y docentes del área de las Ciencias de la Tierra a través de las tecnologías más modernas y utilizando modelos pedagógicos diversos. En su misión se contempla diseñar y promover, opciones de educación continua desde la plataforma científica del Instituto de Geofísica. Además de fortalecer los medios tecnológicos para la enseñanza de las geociencias de manera virtual. De ahí, que en esta sesión presentaré las experiencias de esta Unidad para la realización de uno de nuestros proyectos piloto con el tema Introducción a los procesos de contaminación acuífera. Se expondrán las vinculaciones estratégicas para la realización del proyecto, así como las consideraciones para seleccionar al especialista, su capacitación en las nuevas tecnologías de educación, los obstáculos que se salvaron y su materialización final. A partir de esta experiencia hablaré de la situación actual para optimizar recursos y lograr de una manera más eficiente la realización de proyectos en las nuevas plataformas virtuales. Palabras clave: educación continua, vinculación, plataformas virtuales

SE11-6

GEOQUÍMICA EN EL "AULA INVERTIDA": ¿POR QUÉ Y CÓMO?

Mori Laura y Becerra-Torres Eduardo
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM
mori@unam.mx

La geoquímica es trascendental para la formación del profesional en Ciencias de la Tierra, pues proporciona las herramientas necesarias para analizar la composición de los materiales terrestres, los procesos en los que están involucrados, y a partir de esto abordar problemas geológicos como la exploración de recursos naturales o la contaminación de aguas y suelos. En este sentido, es importante que el aprendizaje de la geoquímica en las carreras de Ciencias de la Tierra

se lleve a cabo de una manera eficaz y duradera. Si bien se ha ampliamente documentado que la adquisición del aprendizaje y el desarrollo cognitivo de los alumnos incrementan proporcionalmente a la participación que tienen en un curso; también es cierto que factores como la notable extensión del temario, la complejidad de los contenidos, el alto número de cursantes, y la poca disponibilidad de recursos didácticos que apoyen el proceso educativo, pueden dificultar la implementación de pedagogías del aprendizaje activo en un curso de Geoquímica. En este foro presentaremos nuestra propuesta de mejorar la enseñanza-aprendizaje de la geoquímica en las carreras de Ciencias de la Tierra, mediante la generación de recursos didácticos que permitan implementar una estrategia pedagógica innovadora como la "inversión del aula" (proyecto DGAPA-PAPIME PE102917). La estrategia consiste en transferir el proceso tradicional de impartición de clase desde el salón a la casa (aprendizaje autónomo), para poder dedicar las horas presenciales al desarrollo de actividades grupales miradas a profundizar lo aprendido individualmente (aprendizaje cooperativo). Esto consentirá optimizar el tiempo que los alumnos deberían dedicar al estudio de la asignatura; y permitirá lograr un aprendizaje más significativo, del cual el estudiante sea plenamente consciente y responsable. Los materiales didácticos que estamos elaborando incluyen: un cuaderno de apuntes, que representarán el material de referencia para el aprendizaje autónomo de los alumnos en el contexto del aula invertida; videos didácticos, que facilitarán la comprensión de conceptos particularmente complejos en la etapa de aprendizaje autónomo; cuestionarios interactivos, por medio de los cuales los alumnos podrán autoevaluar su aprendizaje; y un manual de actividades individuales y colaborativas, que permitirán reforzar el aprendizaje de los alumnos en el salón, bajo la guía del profesor. Para que la comunidad de Ciencias de la Tierra pueda beneficiar de los materiales didácticos, dichos recursos formarán parte del repositorio de la Red Universitaria de Aprendizaje de la UNAM.

SE11-7

EL LIBRO "QUÍMICA PARA CIENCIAS DE LA TIERRA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES", COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA QUÍMICA EN ESTUDIANTES DE GEOCIENCIAS

Arellano Gil Javier, Soto Ayala Rogelio, Pérez Martínez Ana Laura y Barragán Gasca Fanny Astrid
Facultad de Ingeniería, UNAM
arellano@unam.mx

La asignatura de Química se imparte en los primeros semestres de las carreras de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, pertenece al bloque de las Ciencias Básicas que cursan los estudiantes de ingeniería Geológica, Geofísica, Petrolera y de Minas; es una asignatura cuyo estudio y comprensión resultan un tanto áridos por su nivel de abstracción y por la dificultad para mostrar en el momento en que se estudian, aplicaciones concretas a las áreas de interés, por lo que disponer de material bibliográfico con aplicaciones de ingeniería relacionadas con el petróleo, el agua, la minería y la contaminación ambiental, puede contribuir sustancialmente a la mejora de su formación académica, a reducir el índice de reprobación y a incrementar la eficiencia terminal; además de que al egresar mejoren su desempeño laboral logrando un mejor desarrollo profesional, por lo que un grupo de profesores de Química y de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería, UNAM, mediante un proyecto institucional de mejoramiento de la enseñanza se dieron a la tarea de elaborar el libro "Química para Ciencias de la Tierra: Fundamentos y aplicaciones", que pretende cubrir la necesidad de material bibliográfico actualizado, con teoría básica y ejercicios que permitan enriquecer el aprendizaje significativo de la Química apoyado con casos de aplicación, al disponer de ejemplos relacionados con la exploración, explotación y uso eficiente de recursos naturales presentes en la corteza terrestre, pretendiendo que los egresados logren una formación más sólida y cuenten con los conocimientos, las habilidades y las herramientas necesarias para desarrollarse con éxito en su vida profesional, actuando con responsabilidad social en el cuidado del medio ambiente. El libro cuenta con nueve capítulos con teoría y diez capítulos de aplicaciones o casos de estudio que han sido resueltos en la práctica profesional por especialistas en los principales temas de Química orgánica e inorgánica relacionados con las Geociencias. En los capítulos teóricos se incluyen ejercicios, apoyos de gráficos, diagramas, dibujos e imágenes que facilitan la comprensión de los conceptos teóricos que al ser utilizados por los alumnos generen interrogantes e inquietudes que lo encaucen a tratar de entender mejor el fenómeno químico mediante una reflexión profunda del mismo, lo que traerá como consecuencia el fortalecimiento del aprendizaje significativo.

SE11-8

RALLY DE RIESGOS NATURALES: UNA ESTRATEGIA INTEGRAL PARA LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

López Zepeda Sandra Itzel, Carlos Valerio Víctor,
Contla Sandoval Edith y García Vargas Carlos Guillermo
EM Capital Soluciones Integrales
fiorellina-10@hotmail.com

Nuestro país es afectado por fenómenos naturales, entre los más recurrentes y que han dejado mayores pérdidas humanas y económicas se encuentran los sismos, huracanes e inundaciones. Ante esta situación, es necesario que la población tenga conocimiento de estos fenómenos y cómo impactan en su vida cotidiana. El compromiso de las instituciones académicas y empresas dedicadas a la investigación, que generan información específica (estudios de amenaza, peligro, vulnerabilidad y riesgo), no sólo deben cubrir los alcances técnicos, en donde se analiza y determina las causas y afectaciones a la población e infraestructura útiles para la toma de decisiones, también deben darse a la tarea de generar estrategias de difusión de la información, con la finalidad de que sea asequible a toda la población y fomentar una cultura de prevención de riesgos. En este sentido, en EM CAPITAL, formó un área de difusión enfocada a la divulgación y prevención de riesgos naturales, a través de un "Rally de Riesgos Naturales" (Marca Registrada), el cual es un recurso educativo innovador e interactivo, enfocado a niños, jóvenes y al público en general, que tiene como objetivo concientizar y sensibilizar en temas relacionados con las Ciencias de la Tierra, Protección Civil y Educación Ambiental. Dicho recurso desarrolló y creó metodologías didácticas de enseñanza-aprendizaje en diversas ramas de las geociencias, con un enfoque pedagógico, que vincula los contenidos temáticos de la Secretaría de Educación Pública. Los temas que se desarrollan han sido diseñados y elaborados por personal calificado en el tema de los riesgos naturales y de Protección Civil. Estos han sido adaptados para que, aun tratándose de temas aparentemente "especializados", los niños puedan comprenderlos y hacerlos suyos, mediante ejemplos, dinámicas y el uso de juegos populares a través de los cuales se permean los conceptos y las ideas esenciales. El Rally de Riesgos Naturales ya fue puesto en marcha, en comunidades que presentan alta vulnerabilidad ante fenómenos naturales, como lo es el municipio de Puerto Vallarta, Jalisco en 2016. Pero también se ha implementado en diferentes foros, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de un convenio de participación con el Instituto de Geología, el 3er y 4to Encuentro con Tierra (2015), la 5ta semana de la Diversidad biológica-CONABIO (2015) y en más de 12 escuelas primarias dentro de la Ciudad de México (2016), atendiendo a más de 700 niños y jóvenes.

SE11-9

DIPLOMADO EN SISMOLOGÍA PARA PROFESORES DE BACHILLERATO

Bello Segura Delia Iresine¹, Pérez-Campos Xyoli², Domínguez Rivas Jaime², Pérez Santana Jesús Antonio¹, Cruz Cervantes José Luis¹, Navarro Estrada Fernando² y Mendoza Carvajal Antonio de Jesús¹
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Universidad Nacional Autónoma de México, CCH Sur
delia@ismologico.unam.mx

El Servicio Sismológico Nacional ha puesto en marcha un proyecto que contempla tres etapas. La primera consiste en el diseño e impartición de un diplomado dirigido a profesores del bachillerato. La segunda en la instalación de sismógrafos de período corto en cada uno de los planteles de los profesores participantes. Finalmente, la tercera comprende la participación activa de profesores y sus estudiantes en proyectos de investigación basados en los datos recabados en los instrumentos instalados en sus planteles. Nos encontramos en la primera etapa, la cual cuenta con el apoyo del proyecto DGAPA-PAPIME PE107317. En este trabajo presentamos los resultados de la primera generación de participantes. El Diplomado en Sismología para profesores de bachillerato ofrece a éstos una introducción en temas relacionados con la sismología (sismología básica, instrumentación sísmica y sistemas computacionales aplicados a la sismología), iniciando con conceptos básicos de física (mecánica, ondas, ópticas y física del interior de la Tierra) y la actualización de lo que pueden brindar a sus estudiantes en su aula. El contenido busca aplicar algunos de los aprendizajes y conceptos de los cursos de física del bachillerato, en el análisis de la información registrada en sismogramas. Es un diplomado en modalidad mixta, con una duración de 170 horas, las cuales incluyen 12 sesiones presenciales sabatinas de 4 horas cada una. Se trabaja en plataforma Moodle con lecturas, videos y simulaciones, en donde se presentan al participante los contenidos y actividades de en tres secuencias didácticas y aplicaciones didácticas que conforman cada uno de los seis módulos del diplomado. Además, cada participante trabajará en un proyecto integrador, cuyo objetivo es prepararlos en el uso de sismógrafos y sus datos en sus clases e iniciarse en la investigación científica a sí mismos y a sus alumnos.

SE11-10

LOS SIMPOSIOS CIENTÍFICOS IMPORTANTES FUENTES DE DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN. CONGRESO DE ÉXITO VIII CNECT

Garcés Gómez Jaime Alberto, Guevara Betancourt Randall, Almaguer Joselin,
León Cruz José Francisco, Villaseñor Reyes Cecilia Irene, Guevara María
de Jesús, Figueroa Miranda Sócrates y Gómez Hernández Andrea del Pilar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
jaime.garces@ipicyt.edu.mx

La presentación de trabajos de investigación en convenciones forma parte del proceso de difusión de la investigación científica. Se exponen los temas más recientes en proceso o culminación, los cuales son debatidos directamente entre los investigadores dándole un enriquecimiento y mejoras a su trabajo, aumentando su calidad, que posteriormente será publicado en alguna revista. Así mismo asistiendo a estos eventos se incrementan los conocimientos teóricos, metodológicos y bibliográficos, se conocen nuevos contactos que tienen intereses en común con los cuales se puede llegar a crear una colaboración. Los congresos casi siempre representan la primera fuente de divulgación de los resultados de los investigadores, por lo que, es importante mejorar la calidad de estos eventos. Este objetivo se planteó al realizar el Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra (CNECT) que se lleva a cabo año con la finalidad de divulgar y difundir los trabajos de investigación científica que realizan actualmente los estudiantes de licenciatura, posgrado y profesionales, en las diferentes disciplinas que conforman las ciencias de la tierra. Esta VIII edición del CNECT fue llevada a cabo en las instalaciones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) del 14 al 16 de junio del presente año, organizado por los estudiantes de la División en Geociencias Aplicadas de este Instituto. Este evento fue llevado a cabo exitosamente con la participación de alrededor de 300 participantes, entre estudiantes, profesores, investigadores, profesionistas, patrocinadores, de diferentes estados de la República Mexicana. Se contó con el apoyo de directivos y personal del IPICYT, así como de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

SE11-11

UNA DÉCADA DE UN PLAN DE ESTUDIOS SEMIFLEXIBLE EN GEOLOGÍA: LA EXPERIENCIA EN LA UABCS

Cortés Martínez Mara Yadira, Schwennicke Tobias y Pérez-Venzor José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
mycortes@uabcs.mx

En las últimas décadas, la geología como ciencia ha tenido un desarrollo muy acelerado, con la creación de nuevos campos de oportunidades y el fortalecimiento de los ya existentes. De igual manera, su enseñanza en las instituciones de educación superior ha ido evolucionando; de modelos rígidos a modelos semi flexibles, centrados en el aprendizaje, que además fomentan el autoaprendizaje del alumno; y más recientemente a un modelo basado en competencias. En el 2005 se implementó en la Universidad Autónoma de Baja California Sur un plan de estudios con una enseñanza centrada en el aprendizaje. El plan fue pionero a nivel institucional por la semiflexibilidad en su estructura así como la inclusión de las prácticas profesionales. Además, fue diseñado bajo el concepto del nuevo modelo educativo, donde se consideraron, adicionalmente, las nuevas estrategias didácticas del momento y la disminución de horas presenciales para fomentar los procesos de autoaprendizaje, así como la implementación de un sistema de tutorías y servicio social integrado al Programa Educativo. La elección de unidades de competencia optativas, acompañada por un sistema de créditos, contribuyó a hacerlo más flexible, motivando al estudiante a lo largo de la carrera. La carrera, por su estructura, da una sólida formación en los campos básicos de la geología, además de contar con opciones de profundización. La formación contempla no solamente la adquisición del conocimiento profesional, sino también el desarrollo de destrezas humanísticas y sociales que le den una flexibilidad y competitividad en su desempeño profesional en el mercado laboral moderno. Hasta este momento el plan ha cumplido y rebasado en algunos aspectos nuestras expectativas ya que las experiencias con su funcionamiento han sido bastante favorables, como se ve reflejado en la alta inserción laboral. Los egresados de la carrera se han desempeñado en diferentes campos de trabajo, entre ellos: el de la minería, la geohidrología, la geología ambiental, la docencia y la investigación, además algunos de ellos han o están realizando estudios de posgrado en distintas instituciones nacionales e internacionales. El plan fue reformado bajo competencias y retomando las experiencias se reformaron algunos aspectos. Aquí presentamos algunas de las experiencias ganadas a lo largo de una década, que han llevado a los egresados de Geología a expresar su satisfacción con la carrera y aún mejor, con su situación laboral actual.

SE11-12

ANÁLISIS POR ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE UNA ATMÓSFERA SIMULADA DE MARTE ACTUAL, REPLICA DE ANÁLISIS REALIZADOS POR LAS MISIONES VIKINGO Y CURIOSITY

Molina Paola, De la Rosa Canales José Guadalupe y Navarro-González Rafael
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
paolam@nucleares.unam.mx

INTRODUCCIÓN En su época temprana, Marte contaba con una atmósfera más densa, cálida y presencia de agua líquida. Bajo ese escenario, es posible pensar que moléculas precursoras fueron formadas mediante relámpagos atmosféricos o caída de bólidos tal como ocurrió en la Tierra Primitiva. A pesar que en la actualidad muestra un paisaje desértico, se originan relámpagos debido a tormentas de polvo que envuelven al planeta. En 1968, la misión vikingo determinó su composición atmosférica mediante el instrumento Upper Atmosphere Mass Spectrometer (UAMS). Los resultados mostraron que el dióxido de carbono (CO₂) era el principal constituyente y el vapor de agua se encontraba en pequeñas trazas. Se propuso esta técnica por su alta sensibilidad, y por poder identificar compuestos orgánicos. Recientemente la misión Curiosity de la NASA determinó nuevamente la composición atmosférica, mediante dos instrumentos: un espectrómetro de masas tipo cuadrupolo (QMS) y un espectrómetro láser sintonizable (TLS). Se identificó, nuevamente al CO₂ como el principal constituyente atmosférico (96%), seguido por Ar (1.9%) y N₂ (1.9%). La espectrometría de masas se utiliza para identificar compuestos químicos, a partir de su patrón de fragmentación, para generarlo se ioniza el compuesto en estado gaseoso, los iones pasan por un campo magnético, separándose en relación a su masa-carga (m/z), el cual es característico y único del compuesto, por lo que se considera una huella digital. La gráfica de abundancia respecto a m/z se le llama espectro de masas, y los análisis pueden realizarse de forma cualitativa y cuantitativa. **Objetivo.** Diseñar una práctica para identificar por medio de espectrometría de masas los compuestos generados por ondas de choque inducidas por colisiones de relámpagos, asteroides y cometas en una atmósfera simulada del Marte Actual. Para el curso Temas Selectos en Ciencias Espaciales I "Búsqueda de Vida en Marte", el cual se imparte en la Facultad de Ciencias, UNAM, dentro del plan de estudios de la carrera de Ciencias de la Tierra, orientación en Ciencias espaciales. **Procedimiento Experimental** Se analizará la composición química de la atmósfera simulada de Marte actual, en la que previamente se irradia para simular la caída de bólidos y formación de relámpagos atmosféricos por medio de un sistema acoplado de Cromatografía de Gases Espectrometría de masas, utilizando modo barrido de iones (SCAN) de 10-200UMA, el espectro de masas generado se comparará con los patrones de fragmentación contenidos en la biblioteca electrónica Wiley 138 para determinar los compuestos generados. Asimismo se analizará bajo las mismas condiciones la atmósfera simulada sin irradiar. **Conclusiones** La práctica cumplió con el objetivo de mostrar a los estudiantes la forma en la cual es posible identificar los componentes atmosféricos en una atmósfera simulada de Marte y distinguir los productos generados por algunos procesos atmosféricos como son descargas eléctricas en torbellinos, impactos de cometas y meteoritos. **Agradecimientos:** Al programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza, PAPIIME por el apoyo al proyecto PE103216 denominado Curso teórico/práctico sobre búsqueda de vida en Marte.

SE11-13

EL PROYECTO TERRAMÓVIL COMO HERRAMIENTA DE DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y ORIENTACIÓN VOCACIONAL A NIVEL BACHILLERATO DENTRO DE LOS INSTITUTOS DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (IEMS)

Rodríguez Ramos Monserrat¹, Siebe Grabach Christina² y Lopera Gasca Ana Cecilia²
¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
monsgeology@gmail.com

El proyecto Terramóvil del Instituto de Geología de la UNAM, inició actividades en 2012, enfocado a alumnos de Primaria, Secundaria y público en general, explicando el entorno geológico, hidrológico y de suelos de la Cuenca de México. Busca concientizar sobre los peligros naturales relacionados con el entorno geológico y mostrar los beneficios que nos brinda un manejo adecuado de los recursos naturales y minerales, por medio de talleres didácticos. El Terramóvil es un proyecto pionero en la divulgación de las ciencias de la Tierra. Desde el 2013 ha visitado más de 200 escuelas, tanto privadas como públicas, lo que equivale atender a una población aproximada de 11,000 alumnos de distintos grados hasta lo que lleva del 2017. La difusión del proyecto ha permitido ir ampliando la población atendida en función del grado escolar, incorporando a preescolar y preparatorias. Así como también la participación en eventos públicos dentro y fuera de la UNAM, como son: Encuentro con la Tierra, La Noche de las Estrellas, La Fiesta de las Ciencias y las Humanidades, Feria de los Suelos (en Morelia, Michoacán), Encuentro de Ciencias, Artes y Humanidades o el Encuentro Regional por el Agua y el Bosque. Actualmente se está implementando una nueva fase dentro del proyecto, impartiendo talleres a nivel bachillerato, en específico a alumnos que cursan el último año de este

grado escolar. Este público es de suma importancia para la divulgación de las ciencias de la Tierra, debido a que académicamente, ya recibieron un panorama general de las áreas en las que se pueden desarrollar a nivel licenciatura. Con los talleres se busca darles alternativas de orientación vocacional dirigidas a las carreras afines a las ciencias de la Tierra. Las experiencias adquiridas en esta nueva etapa serán mostradas como una herramienta de evaluación, fortalecimiento y ventana de oportunidad para las generaciones venideras y el papel de la divulgación y la educación con la sociedad en el área de las ciencias de la Tierra.

SE11-14

NOVENA OLIMPIADA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA FACIMAR DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA

Gaviño Rodríguez Juan Heberto¹, Reyes Herrera Ezequiel
Alejandro², Galicia Pérez Marco Antonio¹ y Torres Orozco Ernesto²
¹Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima
²Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima
jgavinho@gmail.com

En la novena edición de la Olimpiada en Ciencias de la Tierra en la Facultad de Ciencias Marinas (FACIMAR), se contó nuevamente con el apoyo de la Unión Geofísica Mexicana para el desarrollo de los reactivos y el otorgamiento de premios como en otras ocasiones. La finalidad de esta actividad ha sido el fomentar el interés de la comunidad estudiantil en el estado de Colima en temas relacionados con las Ciencias de la Tierra, y también incrementar la matrícula en las carreras de oceanología e ingeniería oceánica que se imparten en la institución. Se invitó al alumnado de los 32 Bachilleratos de la Universidad de Colima y a todas las instituciones de educación media superior del estado de Colima. Se inscribieron por medio de Internet 120 alumnos de las diversas instituciones, de los cuales 91 (49 mujeres y 42 hombres) presentaron el examen el día del evento. La prueba consistió en 110 reactivos de opción múltiple como en otras ocasiones, estos se seleccionan del compendio de preguntas extraídas de los exámenes que viene realizando el CICESE desde 1998, toda la información se colocó a disposición en el portal web de la FACIMAR para su descarga. El promedio de aciertos fue de 41 lo cual es semejante a lo observado 2012-16, cuando se han registrado promedios de 47, 49, 43, 42 y 42 # la moda se ubico en 39, el mayor puntaje alcanzado fue de 68, el cual es inferior a pruebas pasadas (74, 86, 74,68, 77 aciertos) y el mínimo de 19. Se presenta el mismo comportamiento que los años anteriores, distinto al de los iniciales donde se apreciaban los altos puntajes asociados a menor tiempo, esto se refleja en el bajo índice de correlación (0.11) entre el puntaje obtenido y el tiempo de termino. El tiempo promedio requerido para resolver la prueba fue de 100 minutos con un tiempo mínimo de 59 min y máximo de 120 min, estos valores indican los alumnos emplearon un mayor tiempo en relación a las olimpiadas anteriores. Las instituciones más participativas fueron los Bachilleratos Terranova(15), #5(14), #4(11), #8(10), y #30(10) de la Universidad de Colima en esta ocasión# los primeros lugares correspondieron al Bachillerato #4 (1 y 2) y #8.(3)

SE11-15

RECURSOS VISUALES E INTERACTIVOS PARA LA EDUCACIÓN CLIMÁTICA

Aguilar Alejandro¹ y Garduño René²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNAM
asierra@unam.mx

El curso "Las estaciones del año y el clima", producido en conjunto con la CUAED, UNAM y publicado en la plataforma Coursera (<https://www.coursera.org/learn/estaciones-clima/home>) se realizó con el objetivo de que el alumno comprenda los procesos que provocan las estaciones del año, su relación con los fundamentos del sistema climático terrestre y las repercusiones de las actividades humanas en el mismo. Actualmente estamos diseñando un curso que profundiza más en el tema de los cambios climáticos del planeta, grandes catástrofes, glaciaciones y posibles escenarios futuros. Para explicar ideas geométrica y conceptualmente mente complejas, desarrollamos una serie de simulaciones visuales y ejercicios interactivos, que facilitan su comprensión, lo que es esencial para entender algunos de los fundamentos del funcionamiento del clima. Se discutirán dichos recursos para evaluar posibles mejoras y se pondrán al alcance de la comunidad geofísica docente y de divulgación, para trabajos futuros en conjunto, con el fin de difundir conocimiento oportuno e importante sobre el clima.

SE11-16

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA DE CD. OBREGÓN EN RELACIÓN A LA TENENCIA DE LA TIERRA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Castro López Jesús Ariel, Garatuza Payán Jaime y Robles Morúa Agustín
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
arielcastrolpz@gmail.com

El crecimiento urbano disminuye la biodiversidad, incrementa la pérdida de hábitats y aumenta la pérdida de tierras dedicadas a la producción agrícola. La ciudad de

Obregón, Sonora, se encuentra rodeada por tierras agrícolas pertenecientes al Valle del Yaqui. Es una de las regiones con mayor producción de grano de todo México. El objetivo principal de este trabajo es analizar y estimar el crecimiento urbano histórico de Cd. Obregón, Sonora, en función del tipo de tenencia de tierra para proyectar el crecimiento al año 2050 utilizando sistemas de información geográfica (SIG) y percepción remota. La expansión urbana histórica se caracterizó mediante un procesamiento de imágenes satelitales de alta calidad del sensor remoto Landsat TM/EM con el software IDRISI durante el periodo 1973-2015 en intervalos de aproximadamente 10 años. Posteriormente se realizó un procesamiento en ArcGIS 10.2.1 para delinear los polígonos de las manchas urbanas de cada periodo de estudio utilizando información oficial de INEGI. Las proyecciones de crecimiento al 2050 se estimaron utilizando Land Change Modeler de IDRISI. El polígono resultante fue validado en campo mediante visitas y entrevistas a propietarios de terrenos adyacentes a los límites actuales de la mancha urbana de Cd. Obregón. De esta manera su evaluación con información de primera mano, la susceptibilidad que tienen los terrenos agrícolas actuales a cambiar de uso y pasar a formar parte de la mancha urbana. Los resultados del análisis histórico mostraron que en el periodo 1973/1986, Cd. Obregón tuvo su mayor crecimiento superficial expandiéndose un 75%. En el periodo 1986/1995 la ciudad crece un 25% y en los últimos dos periodos el crecimiento superficial decrece a un 14% y 13% para los periodos 1995/2005 y 2005/2015, respectivamente. En total la ciudad expande sus límites geográficos territoriales un 183% desde 1973 hasta 2015, un equivalente a 4625 hectáreas. La tendencia de crecimiento es hacia las zonas sur-sureste-este-noreste de la ciudad. Se estimó que en 1973 únicamente 1.51% del territorio era constituido por tierras pertenecientes al Registro Agrario Nacional, sin embargo, esta proporción fue en aumento hasta llegar a un 24.19% en el año 2015. Este incremento revela que de las 4625 hectáreas que se ha crecido como zona urbana, 1758 en un principio fueron tierras de uso agrícola, indicando que en el periodo de estudio la ciudad ha crecido un 62.6% sobre pequeñas propiedades y casi un 37.4% sobre tierras de cultivo. Se estima que para el año 2050, la mancha urbana crecerá un 54% sobre zonas agrícolas y un 36% sobre pequeña propiedad, dando un total de 5589 hectáreas de tierras agrícolas productivas urbanizadas. La totalidad de las tierras de cultivo adyacentes actuales son susceptibles a ser vendidas o a cambiar su uso, siempre y cuando se cumplan las condiciones económicas impuestas por el propietario. Este estudio brinda una herramienta validada y replicable, para efectuar análisis y proyecciones que sirvan de apoyo en la planeación urbana.

SE11-17 CARTEL

EXPERIENCIA DE VINCULACIÓN ENTRE LA ACADEMIA Y LAS GEO-CIENCIAS: CASO EN EL VALLE DE PEROTE

Ochoa-Martínez Carolina Andrea, Welsh-Rodríguez Carlos
Manuel, Tapia-Santos Berenice y Herrera-Zavaleta Ramos
Universidad Veracruzana, UV
caochao@uv.mx

El sector empresarial y productivo de México a efectos de encarar los retos ambientales del presente siglo, necesita fortalecer, consolidar y estimular su proceso de responsabilidad social basada en la atención a los complejos temas de carácter regional que deben enfrentar. En ese sentido, este proyecto encuentra sus antecedentes cuando un grupo multidisciplinario del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana, unieron esfuerzos, capacidades y experiencias, quienes desde hace siete años junto con la empresa Granjas Carroll de México S. de R. L. de C.V. y en el marco de sus proyectos de vinculación ambiental iniciaron un dialogo continuo para atender dos situaciones ubicadas en el ámbito de las geo-ciencias: conocer la climatología del Valle de Perote (sitio donde se encuentran sus instalaciones) y donde el punto de partida fue la instalación de una red de monitoreo cuyo propósito es generar y disponer de información continua, precisa y confiable de las variables atmosféricas de la región y en segundo lugar contribuir a divulgar los datos ahí obtenidos, a través de un libro que aporta resultados de las actividades de esta alianza Universidad-Empresa de una forma concreta que refleja el trabajo colaborativo que trasciende la misión estrictamente académica o empresarial.

SE11-18 CARTEL

EXPERIENCIAS EN DESARROLLO DE DIVERSAS FORMAS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DENTRO DEL MUSEO DE GEOFÍSICA DE LA TIERRA

Soler Arechalde Ana María, Islas Herrera Mario,
Bravo Ayala Manuel A. y Bautista Navarrete Lorena
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
anesoler@geofisica.unam.mx

El Museo de Geofísica alojado en la antigua estación sismológica de Tacubaya y a espaldas de la Preparatoria 4 de la UNAM se encuentra abierto al público desde el año de 2014. Su objetivo fundamental es cumplir con la función sustancial de la UNAM de la divulgación en las Ciencias de la Tierra, pero al ser una institución universitaria también debe promover la docencia y la investigación, lo que se realiza tanto a través de cursos especializados, como de actualización de maestros y el estudio de su colección y registros. El público natural del Museo era el de nivel medio superior y nos encargamos de hacer este espacio para ellos, de este trabajo sabemos que algunos de nuestros visitantes cambiaron de opinión al elegir carrera

al escuchar las charlas de nuestros ponentes, que siempre se impartieron a su nivel de conocimientos. Pero debíamos abarcar otros públicos, los profesores son nuestros mayores promotores y se hicieron para ellos cursos de actualización. Ahora nos encontramos trabajando tanto con los estudiantes como con los profesores de secundarias técnicas de la CDMX, solicitando a los investigadores charlas a este nivel y donde nos hemos asesorado con los mismos profesores y aplicado nuestras experiencias de haber impartido talleres y clases a estos niveles. A los niños de educación básica los estamos acercando a través del Proyecto Pauta para este nivel, de la que somos sede y seguimos desarrollando proyectos con la Primaria A. Anguiano, de la que somos vecinos mediante talleres y actividades desarrolladas por los investigadores del Instituto. Las Ciencias de la Tierra es considerada una rama para varones, estamos impulsando mediante charlas impartidas por científicas mujeres su estudio, con el objetivo de lograr equidad de oportunidades en ambos sexos. Mostraremos algunas de estas experiencias de gran valor que estamos aplicando en grandes eventos como la Semana de la Ciencia y la Tecnología del Conacyt y Feria de Ciencias y Humanidades, donde además estamos desarrollando materiales y talleres para débiles visuales y auditivos.

SE11-19 CARTEL

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN A TRAVÉS DE MODELOS INTERACTIVOS MULTIMEDIA: CAJA DE ARENA DE REALIDAD AUMENTADA

Domínguez Ramírez Luis Antonio¹, Granados Pérez Itzel², Aguila Aguilar Yeraldin Odalys¹, Fernández Peña Juan Salvador¹, Yáñez Sandoval Felipe Ernesto¹, Haro Corzo Sinhue Amos Refugio¹, Flores Garrido Marisol², García-García Fernando¹, Granados Vázquez Berenice Araceli¹ y Cortés Hernández Santiago¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²ENES Morelia UNAM

ladominguez@enesmorelia.unam.mx

El objetivo de este proyecto es recrear fenómenos hidráulicos e hidrometeorológicos para mejorar la enseñanza de las geociencias y promover el estudio de las ciencias de la Tierra en México y particularmente en el estado de Michoacán. Este proyecto consiste en una caja de arena de aproximadamente 1x1m, iluminada por proyector convencional que permite recrear de forma interactiva distintos tipos de relieves geográficos (por ejemplo, ríos, lagos, valles, y lagunas), los cuales pueden ser modificados en tiempo real mostrando así los cambios que sufre el paisaje a causa de deslaves, erosiones o inundaciones por mencionar algunos ejemplos. El modelo está inspirado por el modelo de Oliver Kreylos llamado Augmented Reality Sandbox, y ha demostrado despertar el interés por público en una amplia gama de edades y de niveles educativos; desde 5 años hasta adultos e incluso profesionistas de ciencias de la Tierra. Además, a través del Laboratorio Nacional de Materiales Orales se está llevando a cabo una campaña de divulgación y documentación con el objetivo de cuantificar el impacto a largo plazo en niños de diversas comunidades del estado de Michoacán.

SE11-20 CARTEL

DETECCIÓN DE CARBONATOS EN ESTROMATOLITO DEL LAGO DE ALCHICHICA Y SU COMPARACIÓN CON CARBONATOS SINTETIZADOS EN EL LABORATORIO POR ANÁLISIS TGA-DSC-MS

Molina Paola, De la Rosa Canales José Guadalupe y Navarro-González Rafael
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
paolam@nucleares.unam.mx

INTRODUCCIÓN Estudios geológicos sugieren que Marte tuvo grandes cuerpos de agua en su superficie, donde se pudieron generar grandes depósitos de carbonatos de origen sedimentario. Determinar su existencia y composición daría las pistas necesarias para determinar las condiciones climáticas preexistentes. También se ha planteado la posibilidad de encontrar estructuras similares a los estromatolitos, lo que podría indicar la presencia de vida presente o pasada; ya que en la Tierra son la evidencia de vida más antigua, además que han existido en todas las eras geológicas, y la variedad biológica de cada comunidad estromatolítica depende totalmente de las condiciones ambientales e hidrológicas. Los estromatolitos son estructuras órgano-sedimentarias laminadas de origen microbiano (principalmente cianobacterias y algas), que crecen verticalmente por la acumulación de capas de carbonatos, materia orgánica y sedimentos de todo tipo. En las más recientes misiones espaciales como Phoenix y Curiosity, se han utilizado técnicas térmicas para la detección de minerales sedimentarios en suelo marciano. Por lo que en esta práctica se propone utilizar termogravimetría-calorimetría diferencial de barrido acoplado a espectrometría de masas (TGA-DSC-MS), para identificar carbonatos y dilucidar su origen (biótico y abiótico). La técnica consiste en calentar una muestra para observar diferentes pérdidas de masa debido a la descomposición térmica de los minerales presentes, a su vez generan gases que ayudan en la identificación y diferenciar su origen. Para validar la técnica, se analiza un reactivo estándar bajo las mismas condiciones. Para el caso de Alchichica, los estromatolitos están conformados por carbonato de magnesio (MgCO₃) cuya descomposición térmica inicia a los 350°C. **Objetivo.** Diseñar una práctica para identificar carbonatos en un estromatolito y una muestra de origen atmosférico, utilizando TGA-DSC-MS,

replicando el protocolo de análisis de la misión Curiosity. Para el curso Temas Selectos en Ciencias Espaciales I "Búsqueda de Vida en Marte", el cual se imparte en la Facultad de Ciencias, UNAM, dentro del plan de estudios de la carrera de Ciencias de la Tierra, orientación en Ciencias espaciales. Procedimiento Experimental La práctica se divide en tres secciones a) Síntesis de MgCO₃ a partir del burbujeo de aire atmosférico a una solución saturada de hidróxido de magnesio Mg(OH)₂. b) Análisis de las muestras (estromatolito del Alchichica, el MgCO₃ atmosférico y el MgCO₃ reactivo estándar), por el sistema TGA-DSC-MS. c) Análisis de resultados, a partir del termograma obtenido del análisis TGA-DSC-MS del MgCO₃ estándar, determinar el patrón de descomposición y compararlo con las muestras del estromatolito y el carbonato atmosférico, determinar que procesos ocurren en cada caída de masa por medio de MS-DSC Conclusiones La práctica cumplió con el objetivo de mostrar a los estudiantes, que la técnica TGA-DSC-MS resulta ideal para la detección de carbonatos en muestras ambientales. Adicionalmente, se logró detectar material orgánico por espectrometría de masas. Agradecimientos: Al programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza, PAPIIME por el apoyo al proyecto PE103216 denominado Curso teórico/práctico sobre búsqueda de vida en Marte.

Sesión especial

LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO EN MÉXICO

Organizadores:

Gilberto Hernández Silva

Sara Solís Valdez

Héctor René Vega Carrillo

SE12-1

LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO EN MÉXICO Y SU RELACIÓN CON EL CONVENIO DE MINAMATA

Hernández Silva Gilberto, Martínez Sergio y Solís Valdez Sara
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 ghsilva@geociencias.unam.mx

Históricamente, las principales minas productoras de mercurio en el país se encuentran ubicadas en los estados de Chihuahua, Guerrero, San Luis Potosí y Querétaro. En este último, existe una zona mineralizada de mercurio de 400 km² aproximadamente, ubicada en la Sierra Gorda de Querétaro. Esta región tiene la particularidad de que, desde épocas prehispánicas, el cinabrio (HgS) era ya explotado por sus habitantes, continuándose en la época colonial y, ocupando en nuestros días, un lugar muy importante en la producción mundial. En consecuencia, la dispersión del Hg en la ZMM, es resultado del historial de explotación minera del cinabrio, que trajo como consecuencia, la existencia de múltiples terreros o escombros depositados a cielo abierto. Como consecuencia de lo anterior, se ha presentado y presenta actualmente, un deterioro muy preocupante en la salud de sus habitantes y del medio ambiente de la región. El trabajo que estamos desarrollando va encaminado a conocer las emisiones de Hg hacia la atmósfera de toda la ZMM así como, determinar su dispersión hacia los sistemas terrestres. De esta manera conoceremos la cantidad de Hg con la que contribuye la ZMM de la Sierra Gorda al total que circula en la atmósfera terrestre; así como los niveles de contaminación por Hg en los Sistemas Terrestres de la región. En agosto del presente año se pondrá en marcha el Convenio de Minamata (CM) cuyo objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente, de las emisiones y liberaciones antropogénicas de Hg y compuestos de Hg. Una de las cláusulas más importantes del CM establece que, se dará un plazo de 20 años a los países productores de Hg, para que cesen de producirlo. Mientras tanto, la industria que lo utiliza en sus procesos, deberá buscar materiales sustitutos, puesto que para entonces quedará prohibida la producción primaria del Hg y su uso en cualquier tipo de industria.

SE12-2

EL MERCURIO Y OTROS METALES PESADOS EN LA ZACATECANA

Maldonado Vega María¹, García Berumen José Abraham²,
 Calderón Salinas José Víctor³ y Peña Cabrales Juan José²
¹Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío
²CINVESTAV-IPN
 vega.maldonado.m@gmail.com

El Hg, As, Cr y Pb son metales pesados que se dispersan desde los terreros que se disponen al aire libre después de la extracción minera. La Zacatecana es una población de Guadalupe, Zac. Corresponde a un sitio de acumulación de terreros o jales mineros. Objetivo: Se evaluó la problemática de Hg y metales pesados a través de aspectos de microbiología y fitoextracción con plantas autóctonas en diseños experimentales de laboratorio, y en campo se trabajó con la población residente en el sitio para evaluación médica y toxicológica. Métodos: Muestras de suelo fueron tomadas en diversos puntos de la zona de estudio, así como agua y plantas del sitio. El material fue preparado en el laboratorio para ensayos de microbiología, así como para cuantificación de metales por ICP-Plasma. En la población (niños y adultos) se tuvieron pláticas para su integración y participación en el estudio. Previamente el protocolo fue registrado ante comités de Ética en Investigación para obtener los consentimientos informados y firmados por los participantes. Posteriormente fueron valorados médicamente y tomaron muestras de sangre y orina para estudios clínicos y bioquímicos para analizar ALAD, CAT y MDA, así como Pb en sangre. Resultados: en la Zacatecana se identificó que la zona NE corresponde a la mayor acumulación de metales pesados (MP), los cuales rebasan los límites de Normativa Mexicana. Algunas bacterias *Pseudomonas*, *Streptomyces*; hongos como *Aspergillus*, *Mucor* y *Alternaria*; y algas como *Snedesmus* y *Chlorella* conforman un sistema que acumulan y transforman los metales pesados reduciendo los efectos a otros seres vivos. La población mostró algunos aspectos que relacionan con la exposición a MP. El Hg, As, Cr y Pb son metales pesados que se dispersan desde los terreros que se disponen al aire libre después de la extracción minera. La Zacatecana es una población de Guadalupe, Zac. Corresponde a un sitio de acumulación de terreros o jales mineros. Objetivo: Se estudiaron aspectos de microbiología y fitoextracción con plantas autóctonas en diseños experimentales de laboratorio. En campo se trabajó con la población residente en el sitio para evaluación médica y toxicología en su evaluación a la exposición a metales pesados. Métodos: Muestras de suelo fueron tomadas en diversos puntos de la zona de estudio, así como agua y plantas del sitio.

SE12-3

RIESGO A LA SALUD HUMANA POR EXPOSICIÓN AL MERCURIO A TRAVÉS DEL CONSUMO DE PESCADO

Zamora-Arellano Nydia Yuriana¹, Betancourt-Lozano Miguel¹,
 Ruelas-Inzunza Jorge² y Ilizaliturri-Hernández César³
¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
²Instituto Tecnológico de Mazatlán
³Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
 nzamora@upsin.edu.mx

Las comunidades costeras alrededor del mundo se caracterizan por consumir pescado como parte integral de su dieta. Sin embargo, factores como el tipo de pescado, la tasa de consumo, la presencia de una fuente contaminación y las características de los cuerpos de agua, pueden influir en su exposición a contaminantes por consumo de pescado. Estudios en México donde se determine la exposición a mercurio (Hg) a través del consumo de pescado en comunidades costeras son particularmente escasos. En el presente trabajo se realizó una evaluación probabilística de riesgo para la salud en niños, mujeres en edad reproductiva y adultos en una población costera del noroeste de México. Debido a que el metilmercurio (MeHg) representa alrededor del 90% del Hg total, la caracterización de la exposición se realizó comparándola con la dosis de referencia del MeHg en dos grupos poblacionales (población general y población relacionada a la pesca) en tres etapas: 1) Evaluación preliminar de riesgo usando datos históricos de Hg en peces de la región, 2) Evaluación de riesgo con datos actuales de Hg en los productos pesqueros de mayor consumo y 3) Estimación de la exposición usando cabello como biomarcador. Para cumplir con las etapas 1 y 2, se determinaron las tasas de consumo mediante la aplicación de encuestas a 370 individuos, donde el promedio de ingesta de productos pesqueros (IRfood) fue mayor en la población relacionada a la pesca (167.85 g d⁻¹) respecto a la población general (140.9 g d⁻¹). Usando datos históricos de Hg de 18 items alimenticios, el nivel de riesgo fue mayor en la población general (0.18-10.91) comparado con la población relacionada a la pesca (0.20-2.48), siendo los niños en ambas poblaciones los que mostraron los porcentajes de población expuesta, alcanzando 97% de población en riesgo en la población común. Usando datos recientes de Hg en 8 items, el análisis de riesgo mostró que los niños de la población general y el grupo de adultos <41 años de la población relacionada a la pesca presentaron los mayores porcentajes de riesgo (~35%). Finalmente para la etapa 3, los niveles de Hg oscilaron entre 1.59 y 4.52 ppm, donde el 70% de la población excede el valor de referencia de la Organización Mundial de la Salud (2 ppm). Lo anterior indica que para fortalecer los programas nacionales orientados a incrementar el consumo de pescado, análisis de riesgo-beneficio son deseables para maximizar el beneficio y minimizar el riesgo mediante recomendaciones de consumo ("fish advisories"). En conclusión, advertimos es necesario implementar estrategias que consideren la exposición al Hg como parte de las políticas de salud pública asociadas al consumo de pescado.

SE12-4

CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN PM10 COLECTADO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CD. DE MÉXICO

Morton-Bermea Ofelia, Hernández-Álvarez Elizabeth,
 Ordóñez Godínez Sara L. y Salinas Larios Guadalupe
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 omorton@geofisica.unam.mx

Las emisiones antropogénicas han llevado a un incremento de mercurio (Hg) en el medio ambiente. Las áreas urbanas son particularmente afectadas dado que están expuestas a una amplia diversidad de fuentes de emisión, tanto industriales, vehiculares, quema de residuos municipales etc. La información química obtenida de programas de monitoreo ambiental son relevantes para evaluar el aporte de mercurio en la zona metropolitana de la Cd. de México. En este estudio se analizaron muestras de material de particulado >10 µm (PM10), colectado en diferentes puntos de la Cd de México del año 2004 al 2014, en cuatro localidades expuestas a diferentes tipos e intensidades de contaminación. La determinación analítica de mercurio fue realizada por ICP-MS. La concentración promedio encontrada es de 276.6.0 pg m⁻³. No se observa una tendencia evidente en el tiempo, sin embargo se puede observar que las muestras de PM10 colectadas en la localidad Pedregal contienen las concentraciones mas bajas de mercurio.

SE12-5

DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN PELO Y EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN: EN UNA POBLACIÓN RURAL Y UNA URBANA

García Rocío, López Moisés y Martínez Isela
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 rgm0912@hotmail.com

El estudio de la contaminación por Hg ha sido objeto de investigación durante décadas; sin embargo, en México no se cuenta con Normas que establezcan los límites máximos de exposición a este metal; a pesar de que existen estudios referentes a la exposición en la actividad odontológica, son pocos los estudios de

exposición a Hg en zonas altamente contaminadas, se sabe que Perú y México producen el 80% del Hg en el mundo. Por lo anterior y debido al riesgo que el Hg representa al ambiente y en especial a la salud humana, en el presente trabajo se determinó la concentración de Hg en cabello de dos poblaciones. Una de ellas potencialmente expuesta en la región minera de San Joaquín, Querétaro, zona con abundante riqueza en minas de Hg en su forma inorgánica (HgS, cinabrio), en las que la explotación informal del Hg es la principal actividad del sector económico para los pobladores de la región. La importancia de estudio de dicha población radica en la exposición al Hg por diferentes rutas (cutánea e inhalatoria) a la que se ven expuestos los mineros al no contar con el equipo de seguridad necesario para laborar en estas minas, por lo que su salud se ve afectada severamente por la explotación y manejo del cinabrio. La segunda población de estudio no expuesta ocupacionalmente pertenece a una zona urbana (Zona Metropolitana de la Ciudad de México), para la cual las principales fuentes de contaminación por Hg son antropogénicas, debidas a la contaminación del aire, agua y suelo por la industrialización; el uso de productos con contenido de Hg (tintes, jabones y cremas aclaradores) y el posible consumo de productos marinos contaminados. Aun cuando uno no esté experimentando un problema severo. Estos cambios son signos tempranos de alteraciones metabólicas y pueden llevarnos a graves problemas de salud.

SE12-6

LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y LA ESTABILIDAD DE MERCURIO

García Calderón Norma Eugenia, Solís Valdez Sara y Hernández Silva Gilberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 negc@ciencias.unam.mx

El comportamiento de los metales en el suelo depende no solo de sus concentraciones totales solubles o insolubles, sino también de su distribución relativa y de su especiación dentro de las fases líquida a sólida. Con relación a la presencia de metales pesados en la solución del suelo se ha comprobado que en parte corresponden a especies orgánicas complejadas. Estudios previos de la MOS han demostrado su importancia como el componente que controla la retención del mercurio y su liberación de los suelos. Las sustancias húmicas (SH) al ser el componente coloidal dominante del carbono orgánico en los suelos, ejercen funciones de mitigación- amortiguamiento, acumulación-migración al complejar al mercurio en el ecosistema del suelo-agua. Influyendo en los procesos edafogénicos, la transferencia geoquímica y en los patrones de su movilidad de los cuales depende su impacto en los ecosistemas; su dinámica favorece o restringe su movilización en el suelo. Las SH forman compuestos estables con el mercurio (Hg²⁺) en condiciones oxidantes y reducen su movilidad y disponibilidad dentro del edafosistema. Debido a la complejidad de su actividad pocas investigaciones han abordado el papel de las SH en la retención y/o emisión de mercurio a la atmósfera. Los principales objetivos en este trabajo han sido determinar el contenido de mercurio total (HgT) y la proporción de mercurio enlazada a las SH en suelos de San Joaquín, Querétaro. Las propiedades del suelo fueron cuantificadas conforme a la metodología del ISRIC (2002) en sitios cercanos a minas de cinabrio con vegetación forestal de encinos (*Quercus* sp) y en sitios alejados cultivados con maíz. La MOS se fraccionó por los métodos de Dabin (1971) y por el método de la Sociedad Internacional de las Sustancias Húmicas (IHSS, 2009); obteniendo las fracciones de materia orgánica ligera (MOL), ácidos fúlvicos débilmente enlazados (AFH3PO₄), ácidos fúlvicos y ácidos húmicos (AF+AH) y las huminas (HU). Se determinó el HgT para cada fracción mediante digestión en microondas y su contenido de Hg se obtuvo por EAA con generación de hidruros. Los resultados fueron sometidos al análisis estadístico no-lineal y análisis factorial discriminante. Los suelos mostraron reacción ligeramente ácida a neutra (6.50 a 6.88) en el bosque y en el sitio cultivado), textura limo-arcillosa. El contenido de carbono orgánico en el suelo forestal fue de 26.6 g.kg⁻¹ y de 11.8 g.kg⁻¹ en el cultivado. Las SH del suelo forestal retuvieron 53.78% del HgT, mientras que en el suelo cultivado retuvieron 60.27%. El Hg retenido en las SH se asoció a sus fracciones menos estables (MOL y AF). Con base en estos resultados se sugiere que el Hg funcionaría como una fuente de emisiones de Hg a partir de su concentración en las fracciones con enlaces débiles. Los AH y las HU sólo retuvieron el 2.57% y 1.96% del Hg en el suelo del bosque y en el cultivado, respectivamente.

SE12-7

GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE SOLANUM TUBEROSUM EMPLEADA EN EL TRATAMIENTO ELECTROCINÉTICO DE SUELO CONTAMINADO CON MERCURIO

Bustos Erika, Herrera Verónica Esmeralda, Acosta Gustavo y Manríquez Juan
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., CIDETEQ
 ebustos@cideteq.mx

El objetivo principal de este proyecto de investigación fue el estudio y evaluación de una biocelda capaz de generar mayor cantidad de energía a partir de su uso y aplicación de la técnica de fitorremediación, después del tratamiento electrocinético de un suelo contaminado con mercurio procedente de San Joaquín, Querétaro, facilitado por agentes removedores y la especie *Solanum tuberosum* como posible biocelda. Para llevar a cabo el proyecto se consideró evaluar el comportamiento

de la especie *Solanum tuberosum* (papa), en una matriz líquida empleando una solución de HgCl₂, y otra sólida empleando suelo electroremediado por 72 h en presencia de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) como agente removedor de Hg²⁺. Durante estas pruebas se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y contenido de mercurio en solución, suelo y papa.

SE12-8 CARTEL

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA MINERALIZADA DE MERCURIO EN LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

Hernández Silva Gilberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 ghsilva@geociencias.unam.mx

En el estado de Querétaro existe una zona mineralizada de mercurio (ZMM) de 400 km² aproximadamente. Esta región constituye actualmente la mayor productora a nivel nacional. La extracción minera del cinabrio (HgS) data desde épocas prehispánicas, continuándose en la época colonial hasta llegar a nuestros días. La actividad minera de tantos años ha dejado una gran cantidad de escombros o terreros expuestos a la intemperie. Por lo tanto, grandes cantidades de Hg han sido liberadas hacia los sistemas terrestres (suelo, agua, aire y biota), afectando además, la salud de la población pasada y presente, especialmente aquella dedicada a esta actividad. Hay que tomar en cuenta que el Hg persiste en el ambiente y sitios contaminados durante cientos de años después de que una mina ha sido clausurada. El objetivo general de esta presentación es caracterizar el medio físico y ambiental de la ZMM, vinculándolo a temas más específicos como: a) la bioacumulación de Hg en huesos de individuos prehispánicos dedicados a la minería del cinabrio; b) conocer el grado de dispersión o liberación del Hg en los sistemas terrestres, en especial en suelos, sedimentos y terreros así como en otras matrices de la porción sur de la ZMM, c) mostrar los avances que se tienen en la parte norte y d) y divulgar el significado que tiene la ZMM de la Sierra Gorda de Querétaro en el contexto del Convenio de Minamata.

SE12-9 CARTEL

TRATAMIENTO ELECTROCINÉTICO DE SUELO CONTAMINADO CON MERCURIO FACILITADO POR EDTA COMO AGENTE COMPLEJANTE PROCEDENTE DE SAN JOAQUÍN, QUERÉTARO, MÉXICO

Bustos Erika¹, Robles Irma¹, Trejo Diana Irene¹, Solís Valdez Sara² y Hernández Gilberto²
¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., CIDETEQ
²Centro de Geociencias, UNAM
 ebustos@cideteq.mx

En este proyecto de investigación se implementó el tratamiento electrocinético a muestras de suelo antropogénico, de cultivo y de jales mineros (producidos por la actividad minera) procedentes de San Joaquín, Querétaro, México facilitado por EDTA como agente complejante. Para llevar a cabo este estudio, fue necesario caracterizar un conjunto de muestras de suelo representativas del sitio para conocer las propiedades fisicoquímicas, con el fin de verificar de qué manera se fija el mercurio al suelo. Las condiciones del tratamiento electrocinético se definieron mediante la construcción de curvas de polarización, para lo cual se compararon dos sistemas de configuración 1D, uno rectangular y otro cilíndrico con flujo. Después de realizar la comparación, se observó que el arreglo rectangular sin flujo presentó las mejores ventajas, siendo éste el arreglo más simple, fácil de operar y de menor costo asociado a la cantidad de EDTA utilizado. Con el arreglo rectangular 1D, se analizó el efecto del tiempo en el tratamiento electrocinético, siendo un tiempo de 72 h el adecuado para remover el 76 % de mercurio presente en suelo, y el 83.4 % presente en los jales mineros. Por lo anterior, se considera que el mercurio restante en el suelo permanece fijado a las fracciones ricas en sulfatos y carbonatos, ya que son las que enlazan en mayor proporción al mercurio. Además, la solución extraída del proceso electrocinético fue tratada en un reactor de flujo horizontal en cuyo interior se colocó una barrera permeable reactiva de fierro, la cual se comparó con un barrera permeable reactiva de carbón, con este sistema se logró extraer el 84 % del mercurio presente en solución. Por otra parte, la caracterización física del suelo antes y después del tratamiento electrocinético no demostró cambios relevantes, sin embargo, las características químicas como la conductividad eléctrica y la presencia de algunos macronutrientes como calcio, magnesio y potasio si presentaron cambios importantes.

SE12-10 CARTEL

ESTUDIO DE ADSORCIÓN DE MERCURIO EN MATERIALES REPRESENTATIVOS DE COMPONENTES DEL SUELORobles Irma¹, Bustos Erika¹ y Lakatos János²¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., CIDETEQ²Universidad de Miskolc, Hungría
irobles@cideteq.mx

Para analizar el efecto de la adsorción de mercurio sobre los diferentes componentes del suelo, fue necesario seleccionar un conjunto de materiales representativos de los distintos componentes, tanto orgánicos e inorgánicos. Se prepararon soluciones stock de mercurio de diferentes sales, cloruro de mercurio (II) (HgCl₂), obtenido de Reanal (Hungría), nitrato de mercurio (II) monohidratado (Hg(NO₃)₂·H₂O) y sulfato de mercurio (II) (HgSO₄), ambos obtenidos de ACS Merk. Se analizó la adsorción de mercurio en diferentes componentes del suelo, para este fin se utilizaron muestras inorgánicas, adsorbentes naturales, carbón mineral y carbón activado. Se analizó el efecto del tiempo de adsorción, el pH, la sal de mercurio utilizada, y el efecto de agentes complejantes. Se observó que los compuestos orgánicos, tanto los adsorbentes naturales (europia, algodón, girasol) como las muestras de carbón mineral (turba, lignita y carbón bituminoso) presentaron una mayor capacidad de adsorción, independientemente de la sal de mercurio que se adicione. Por otro lado, hay una dependencia en la adsorción debido al tiempo al adicionar HgCl₂, principalmente en la adsorción de mercurio en compuestos orgánicos tanto los adsorbentes naturales (europia, algodón, girasol) como las muestras de carbón mineral (turba, lignita y carbón bituminoso). Siendo el tiempo máximo de adsorción de dos días para la mayoría de los adsorbentes naturales, mientras que para las muestras de carbón mineral fue de 12 días. Mientras que hay una menor adsorción de mercurio cuando existe la presencia de iones cloro, debido a la formación de complejos de cloro, como Hg₂Cl₂, HgCl₄²⁻, HgCl₃⁻, HgCl₂. El pH ácido limita la fijación de mercurio en las diferentes matrices adsorbentes, debido a que los metales se movilizan más fácilmente, mientras que el pH alcalino propicia la formación de carbonatos y fosfatos. La adición de HgCl₂ a pH 2 disminuye la adsorción principalmente en turba, lignita y carbón bituminoso, en aproximadamente un 40% en comparación con pH 4, mientras que a pH 7 se adsorbe casi en su totalidad. Con respecto a los otros compuestos y las otras sales se presenta el mismo comportamiento, pero en una menor proporción. Se presentó una menor adsorción de Hg²⁺ en presencia de EDTA, por ello este agente complejante es una adecuada opción para remover mercurio siempre y cuando no se tenga la presencia de carbón activado. La presencia de un exceso de iones Cl⁻ y limita la adsorción de mercurio y el agente complejante KSCN forma un complejo, sin embargo éste es menor estable que el formado con EDTA. Con los resultados de la simulación molecular se estableció el modelo catión octahidratado-montmorillonita, en Software Gaussian 09, donde se obtuvieron valores de ΔH° y de ΔG° de -57.53 KJ·mol⁻¹ y de -60.76 KJ·mol⁻¹ respectivamente, los cuales son muy cercanos a los descritos experimentalmente en la adsorción de Hg²⁺ en la bentonita.

SE12-11 CARTEL

ASLAMIENTO DE BACTERIAS PROCEDENTES DE SUELOS DE DIFERENTES MINAS CON PRESENCIA DE MERCURIOSolís Valdez Sara¹, Hernández Silva Gilberto¹, Vassallo Morales Luis F.¹, Morales García Ma. Rosario², Aguilera Arreola Ma. Guadalupe³ y Contreras-Rodríguez Araceli³¹Centro de Geociencias, UNAM²CICATA-Querétaro, Instituto Politécnico Nacional³Departamento de Microbiología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
sarasoli@geociencias.unam.mx

Los suelos de las regiones mineras del país presentan un reto de investigación muy importante, ya que en muchos de ellos los contenidos de elementos como el mercurio resultan muy altos, sin que ello impida el crecimiento de comunidades de organismos como las bacterias, las que presentan la capacidad de crecer y continuar con su metabolismo transformando el mercurio. El peligro del contenido de mercurio en suelos depende de la forma química en la que se encuentre, ya que esto permitirá la disponibilidad para la biota y su reactividad con la parte inorgánica del suelo. El objetivo de este trabajo consistió en el aislamiento e identificación de las bacterias presentes en muestras de suelos cercanas a minas de San Joaquín, Querétaro, con presencia de Hg. Se realizó una suspensión de suelo en agua destilada estéril. El medio de cultivo utilizado fue Luria-Bertani enriquecido con HgCl₂ para asegurar el crecimiento de bacterias tolerantes a este elemento. Se revisó el crecimiento a las 24 h y la siembra se realizó por estría cruzada. Posteriormente, las cepas se purificaron y se realizaron pruebas de toxicidad, enriqueciendo el medio con diferentes concentraciones (de 50 a 300 mg/L). Las colonias aisladas fueron procesadas en las laminillas y posteriormente analizadas en el sistema Vitek MS usando la base de datos IVD y RUO. Los resultados obtenidos fueron la identificación del género *Bacillus*. Estudios de este tipo se han realizado de manera escasa en la zona y el género encontrado se ha reportado en otras zonas con altas concentraciones de mercurio en suelos, por lo que resulta importante conocer las bacterias presentes en suelos con estas características, organismos capaces de resistir altas concentraciones de elementos como el mercurio, además de utilizar el equipo Vitek para discriminar a otros géneros que no eran parte del estudio también lo hace de una forma rápida y poco costosa.

Sesión especial

OBSERVACIONES Y MODELOS SOBRE LA CIRCULACIÓN, BIOGEOQUÍMICA, ECOLOGÍA DEL GOLFO DE MÉXICO

Organizadores:

Juan Carlos Herguera

Paula Pérez Bruni

Sharon Herzka

Julio Sheinbaum

SE13-1

OBSERVATIONS OF COASTAL CIRCULATION AND DISPERSION OVER THE INNER-SHELFRomero Leonel¹, Ohlmann Carter¹ y Pallàs Sanz Enric²¹University of California, Santa Barbara²CICESE

leromero@eri.ucsb.edu

Inner shelf waters off the coast of south Texas are seeded with rhodamine dye and clusters of water-following drifters to observe the relative dispersion and submesoscale flow kinematics under a variety of environmental conditions. The complementary measurements allow for a thorough analysis of mixing dynamics on scales of O(100) meters and (10) minutes; scales important to the dispersion of spilled oil, that are not well observed. Observations include in situ and remote sensing instrumentation allowing characterization of various physical processes, including fronts, Langmuir circulation, and tidal jets and vortices. The relative dispersion is anisotropic. Surface current strain tensors are computed from clusters of drifters at the novel range of scales. Surface current divergence and vorticity values can exceed many times the Coriolis frequency. The flow kinematic observations are some of the first to confirm distributions of divergence and vorticity skewed toward negative and positive values, respectively, as suggested by numerical simulations. Regions of strong negative divergence, as observed, point to aggregation of surface material and must be resolved in operational oil spill prediction models.

SE13-2

ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES DE DISIPACIÓN TURBULENTO DENTRO Y FUERA DE LOS REMOLINOS DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE MÉXICORuiz-Angulo Angel¹, Pallàs Sanz Enric², Tenreiro Miguel², Meunier Thomas², Portela Esther², Ochoa José², Ulloa Marco³, Cusi Simó² y Aranda Elliot²¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM²CICESE³IPN

angel@atmosfera.unam.mx

La circulación en el Golfo de México (GoM) es muy compleja, dominada principalmente por los remolinos que se desprenden de la Corriente del Lazo. Dentro del GoM existen diversos mecanismos de disipación turbulenta; como las regiones de alta cizalla en los remolinos, y también la generación y rompimiento de ondas internas. La distribución espacial y temporal de estos parámetros dentro del GoM es altamente variable. El Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) se han muestreado varios cruces de al menos dos remolinos provenientes de la corriente de lazo. Los planeadores submarinos o gliders de GMOG fueron equipados con CTD (por sus siglas en inglés) con los cuales se obtienen perfiles hidrográficos hasta los 1000 m de profundidad. A partir de estos perfiles es posible obtener una estimación de la disipación turbulenta. Por ejemplo, el método de escalas de Thorpe (Thorpe, 1977) identifica regiones estáticamente inestables en un perfil hidrográfico, dichas regiones se asocian a vuelcos (overturns) con una longitud característica, L , que es proporcional a la disipación. Por otro lado, existen también los métodos de estructura fina (finestructure parametrization) basados en modelos de rompimiento e interacciones no lineales de ondas internas a partir de los cuales se pueden inferir el coeficiente de disipación (Gregg, 1987). Por medio de un análisis de los perfiles hidrográficos obtenidos durante estas campañas, es posible estimar la evolución espacial y temporal de estos coeficientes. Finalmente, se busca obtener mapas de disipación turbulenta asociada con los remolinos, así como estimar los valores nominales fuera de los remolinos.

SE13-3

WATER MASS TRANSFORMATION IN THE GULF OF MEXICO: THE ROLE OF TIDES AND HIGH-FREQUENCY WINDS

Jouanno Julien

LEGOS-IRD

jouanno@legos.obs-mip.fr

The active and passive tracer diffusion in the Gulf of Mexico (GoM) is thought to be influenced by many processes like advection and horizontal stirring, diapycnal mixing due to eddy-topography interactions, tidal mixing, winter convection, or breaking of near-inertial waves. We lack perspective on the relative importance of these different processes in setting the water-mass properties of the GoM waters. A hierarchy of long-term high-resolution regional simulations of the GoM has been specifically designed and analyzed to disentangle the contributions of tides and high-frequency winds to the water mass transformation. A passive tracer dispersion analysis is also performed to identify preferential sites of water mass transformation. Results may provide some insights on the time scale and processes at play in the renewal of the deep-waters of the GoM.

SE13-4

MODULO PARA LA SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PETRÓLEOZavala-Romero Olmo, Lara Hernández Julio Antonio, Anguiano García Andrea, Díaz García Ovel, Jurado de Larios Oscar E. y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
olmo.zavala@atmosfera.unam.mx

Se construyó un módulo de transporte de petróleo que trabaja "off-line" basado en transporte de partículas lagrangeanas. Se ha implementado en matlab y en Julia habiendo sido optimizado y organizado en módulos para que pueda adaptarse a diferentes condiciones. Se ha implementado en mallas estructuradas y en mallas no estructuradas, se ha probado en los modelos Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) y Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM). El módulo permite simular varias componentes del petróleo con diferente decaimiento o degradación y a diferentes profundidades. También permite la visualización de las simulaciones en dos y en tres dimensiones. Se muestran ejemplos.

SE13-5

AN ANALYSIS OF THE POLLUTION RISK IN THE GULF OF MEXICO: A MODEL STUDYDuteil Olaf¹, Damien Pierre² y Sheinbaum Julio²¹GEOMAR²CICESE

oduteil@geomar.de

We perform a systematic analysis of the risk for a given region of the coast of the Gulf of Mexico to experience a contamination by oil or pollutant in the case of a spill occurring offshore in deep (deeper than 1000 m) waters. The main objective of our study is to determine whether some coastal regions are more exposed to pollution than others, which is of major importance to implement Marine Protected Areas. A special focus of this study is given to the role of the oceanic eddies and the Loop Current, as they largely impact the circulation of the GoM and therefore the dispersion of contaminants. We use the NEMO model framework and implemented a total of 370 "passive tracers" covering the whole region of the GoM. Tracers are released either at surface or at depth (1000 m). For each of the release, we consider three behavior of the tracers, mimicking oil or contaminant properties : - the contaminant is passively transported in the ocean without decay, - the contaminant decays - the contaminant accumulates once it lands at the coast. Each experiment is integrated over 50 years under climatological forcings in order to assess the role of the internal and the eddy variability.

SE13-6

GEOGRAFÍA DINÁMICA LAGRANGIANA ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICOMiron Philippe
University of Miami, UM
pmiron@miami.edu

Usando trayectorias de una gran cantidad de boyas derivantes sumergidas seguidas acústicamente (RAFOS) se construye una geografía dinámica de la circulación lagrangiana en el Golfo de México dentro de la capa abisal limitada por las profundidades de 1500 y 2000 m. Para esto se usa un método de operador de transferencia que permite estudiar comportamiento a largo tiempo con trayectorias cortas. La geografía tiene provincias que se encuentran débilmente conectadas dinámicamente, lo que impone restricciones sobre conectividad. Los resultados se comparan con los obtenidos recientemente a partir de boyas derivantes superficiales seguidas por satélite. Trabajo en colaboración con F. J. Beron-Vera, M. J. Olascoaga y P. Perez-Brunius.

SE13-7

GEOGRAFÍAS DINÁMICAS LAGRANGIANA E INERCIAL DEL GOLFO DE MÉXICOBeron-Vera Francisco
RSMAS/ATM, University of Miami
fberon@rsmas.miami.edu

Usando trayectorias simuladas se construyen geografías dinámicas para el Golfo de México de dos tipos, lagrangiana e inercial. La lagrangiana usa trayectorias de partículas fluidas (i.e., neutralmente boyantes y sin tamaño). La inercial usa trayectorias de partículas inerciales (i.e., positivamente boyantes y con tamaño finito). La geografía lagrangiana es relevante por ejemplo para trazadores pasivos como temperatura, salinidad, fitoplankton o material en suspensión fino en primera aproximación. La geografía inercial por su parte es relevante para material flotante como desechos plásticos, basura producida por un naufragio o un accidente aéreo, cuerpos a la deriva o incluso chapapote. Para construirlas las geografías se usa un método de operador de transferencia aplicado a trayectorias cortas de manera tal que la dinámica subyacente es autónoma. Las geografías están compuestas por

provincias tales que las respectivas dinámicas interactúan solo debilmente. Esto impone restricciones sobre la conectividad de partículas lagrangianas e inerciales, las cuales se comparan y discuten.

SE13-8

CONNECTIVITY OF DEEP WATERS IN THE GULF OF MEXICO

Maslo Aljaz¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos¹,
Pérez Brunius Paula¹ y Andrade-Canto Fernando²

¹CICESE

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
maslo@cicese.mx

Lagrangian studies are an useful tool to predict deepwater environmental impacts from oil and gas extraction operations. The purpose of this work is to achieve an improved understanding of the connectivity of deep Gulf of Mexico (GoM), complementing the Lagrangian observational dataset provided by the RAFOS floats using a numerical simulation. Our findings emphasize the important role of the deep cyclonic gyre in the western GoM on the connectivity of its deep waters. Using Lagrangian coherent structures we provide compelling evidence that this deep gyre creates a dynamic barrier between the eastern and western Gulf. An important contribution of this study is a map of prevailing particle pathways. This is important for multidisciplinary studies in need of a comprehensive view of the connectivity between distinct regions of the GoM deep waters.

SE13-9

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD ECOLÓGICA DE SISTEMAS AMBIENTALES

Liceaga-Correa María de los Angeles¹, Cuevas Eduardo¹, Uribe Abigail¹ y Bello-Pineda Javier²

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN Unidad Mérida

²Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana
maria.liceaga@cinvestav.mx

Los sistemas ambientales, incluyendo la diversidad biológica, están sujetos a presiones por actividades antropogénicas diversas como el turismo, la pesca deportiva y comercial, la exploración y explotación petrolera, vertimientos de aguas contaminadas, y por el cambio climático; así como por eventos naturales extremos como los huracanes, El niño y La niña. Estas actividades y contingencias son consideradas algunas de las fuentes de presión para los sistemas y procesos asociados, los cuales son sensibles a éstas y se requieren evaluar los potenciales impactos de esta interacción, lo que a su vez representa un reto metodológico y de integración. Una forma de conocer el estado actual de un sistema ambiental, incluyendo sus procesos de diversa naturaleza, es evaluar su sensibilidad y nivel de exposición a las fuentes de presión que actúan sobre estos, ambas componentes en la cuantificación de su vulnerabilidad ecológica, y a las que se suma una componente adicional que se refiere a condiciones intrínsecas al sistema que le confieren una capacidad para soportar la presión, recuperarse o adaptarse a ella, o condiciones extrínsecas que operen en el mismo sentido a favor del mantenimiento del sistema o proceso. El objetivo de este trabajo fue formular una aproximación metodológica interdisciplinaria estandarizada para evaluar la vulnerabilidad de sistemas ambientales en sus entidades bióticas (poblaciones, comunidades, ecosistemas, procesos). Se construyó una aproximación fundada en una herramienta de planeación estratégica (open source) y de análisis espacial multicriterio, en la que la vulnerabilidad ecológica total del sistema es una suma ponderada de las vulnerabilidades de las entidades biológicas consideradas; la identificación de estas últimas es esencial para la caracterización del sistema. La cuantificación homologada de la vulnerabilidad ecológica de poblaciones, comunidades y ecosistemas es un proceso en el que el conocimiento experto de ecólogos tiene un papel preponderante en la jerarquización de condiciones, interpretación y en la aportación de datos; mientras que las disciplinas espaciales contribuyen con el andamiaje del análisis cuantitativo, homologación y de topología espacialmente explícita de la aproximación. Los fundamentos de esta aproximación resuelven de forma directa su estandarización para la implementación a diversas escalas espacial, temporal y de nivel de organización ecológica o complejidad del proceso en los sistemas ambientales. Para su ejemplificación se ofrece una aproximación a la Vulnerabilidad ecológica integrada del Arrecife Alacranes, Yucatán, México.

SE13-10

CONECTIVIDAD Y RUTAS DE DISPERSIÓN LARVARIA DE LA LANGOSTA PANULIRUS ARGUS EN EL GOLFO DE MÉXICO: UN ESTUDIO NUMÉRICO

Lara Hernández Julio Antonio, Zavala-Hidalgo Jorge y Sanvicente Añorve Laura
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
brn2fight@live.com

La conectividad entre sub-poblaciones de *Panulirus argus* en el Golfo de México es analizada usando un modelo de dispersión de partículas acoplado a una simulación del modelo de circulación oceánica Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). Se liberaron larvas virtuales diariamente, durante la medianoche, del 21 de Marzo al 18 de Junio de los años 2006-2010, en 12 sub-poblaciones del Golfo: Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Sur de Veracruz, Centro de Veracruz, Norte de Veracruz, Texas, Luisiana, Norte de Florida, Centro de Florida, Sur de Florida y La Habana, Cuba. Las trayectorias de los propágulos virtuales fueron seguidas durante 196 días como máximo, se programó su capacidad de tener migraciones verticales, así como muerte larvaria de acuerdo con un decaimiento exponencial. Las sub-poblaciones con mayor inter-conectividad y con mayor auto-reclutamiento fueron las del Banco de Campeche y las tres de Veracruz, lo cual fue favorecido por el giro ciclónico semi-permanente en la Bahía de Campeche y por el cambio de dirección de las corrientes en la plataforma de Veracruz. El auto-reclutamiento fue bajo en Quintana Roo, en el Sur de Florida y en la Habana, ya que la corriente del Lazo rápidamente alejó a las larvas. El sur de Florida recibió una cantidad relativamente alta de reclutas provenientes de casi todas las demás sub-poblaciones, principalmente a través de la Corriente del Lazo. La plataforma de Veracruz y las islas y cayos del Banco de Campeche fueron muy importantes no solo como áreas de reclutamiento sino también como rutas de dispersión larvaria. Un programa para la protección de esta especie en estas áreas puede incrementar considerablemente el tamaño poblacional de *Panulirus argus*, favoreciendo las pesquerías en el Golfo de México.

SE13-11

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, ABUNDANCIA Y CONECTIVIDAD DEL ICTIOPLANCTON ENTRE EL TALUD CONTINENTAL Y LA ZONA DE AGUAS PROFUNDAS DE LA REGIÓN DE PERDIDO DEL GOLFO DE MÉXICO

Cano Compaire Jesus¹, Pérez Brunius Paula², Jiménez Rosenberg
Sylvia Patricia A.³, Echeverri García Laura del Pilar², Rodríguez
Outerelo Javier², Domínguez Alejandro² y Herzka Llona Sharon Zinah³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²CICESE

³IPN-CICIMAR

jcanocompaire@cicese.mx

Los procesos físicos y biológicos en el océano interactúan de complejas maneras e influyen sobre las características de las comunidades biológicas. La composición taxonómica del ictioplancton es indicativa de las zonas de desove de los adultos, pero las larvas también sirven como trazadores de la dirección del transporte. La heterogeneidad en los patrones de distribución del ictioplancton también depende de procesos físicos que contribuyen al transporte, retención y dispersión en distintas escalas. El objetivo de este estudio es evaluar el nivel de conectividad y dispersión de la comunidad ictioplanctónica entre el borde de la plataforma y la zona de aguas profundas en la región de Perdido en función de los mecanismos de transporte locales. La recolección de muestras plancton se realizó mediante redes bongo (0-200 m) y neuston (0-10 m) durante dos cruceros (junio y octubre de 2016) que abarcaron transectos desde el talud continental hasta la zona de aguas profundas. La identificación de las diferentes familias que forman parte del ictioplancton indicó que durante el crucero del mes de junio hubo mayor abundancia y diversidad que en el crucero de octubre. Myctophidae, Gonostomatidae, Bregmacerotidae, Gobiidae y peces planos fueron las familias más abundantes en las muestras de la red bongo, mientras que en las muestras de la red neuston lo fueron Scombridae y Gonostomatidae. La composición taxonómica del ictioplancton indica diferencias en la estructura de la comunidad entre estaciones cercanas a la plataforma y estaciones más oceánicas, lo cual es indicativo de un bajo nivel de conectividad. Estas diferencias estarían de acuerdo con el registro histórico de boyas de deriva superficiales en la región de Perdido, el cual señala que el transporte local promedio es hacia las regiones de Texas y Luisiana, y que tan solo tras eventos específicos como el paso de nortes se observa transporte de aguas superficiales de la zona de aguas profundas en dirección oeste. No obstante, es necesario tener en cuenta que la dispersión de las larvas de peces no solo depende del transporte superficial, sino que también influyen los rasgos y comportamientos propios de cada especie como la migración vertical o el uso de diferentes profundidades en la columna de agua. Este estudio permitirá evaluar el nivel de conectividad biológica entre la plataforma y la zona oceánica del noroeste del golfo de México.

SE13-12

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE PIGMENTOS Y GRUPOS DE FITOPLANCTON EN DOS REGIONES DEL GOLFO DE MÉXICO

Mirabal Gómez Uriel¹, Linacre Lorena², Bazán Carmen², De la Cruz Orozco Martín², Sánchez-Robles Citlalli² y Lara Lara Rubén²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
 umirabal@cicese.edu.mx

El fitoplancton contiene diversos pigmentos accesorios que son esenciales en la fotosíntesis. Además, algunos pigmentos son trazadores taxonómicos de ciertos grupos específicos de fitoplancton. Durante los cruceros MMF-01 y MMF-02 realizados a finales de invierno, (3-25 de marzo de 2016) y de verano (17 de septiembre al 3 de octubre de 2016) respectivamente, se caracterizó la variabilidad espacial y temporal de las poblaciones de fitoplancton en las regiones de Perdido y Coatzacoalcos del Golfo de México a través de su composición pigmentaria específica. Para tal propósito, se colectó agua de mar desde la zona eufótica (hasta 0.1% luz superficial) para la determinación de la concentración de los pigmentos accesorios mediante análisis con cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Además, se estimaron las fracciones de tamaños de pico-, nano- y micro-fitoplancton de la comunidad fitoplanctónica, utilizando la concentración de los pigmentos específicos y las ecuaciones del índice de Vidussi et al. (2001). La concentración de la Clorofila a integrada para la zona eufótica fue de 8.6 – 17.9 [µg m⁻²] para invierno y de 5.4 – 14.7 [µg m⁻²] para verano. La distribución vertical de la Clorofila a presentó su máxima concentración entre los 50-100 m que se asocia a la distribución de la fracción del pico-fitoplancton en ambas regiones y periodos (rPearson=0.56). Las proporciones relativas de tamaños integradas para la zona eufótica, mostraron una dominancia del nano-fitoplancton (~55%), seguido por el pico-fitoplancton (~35%), mientras que el micro-fitoplancton fue muy poco abundante (~10%), dicha proporción es persistente para ambas zonas y temporadas. Además, el análisis por fracciones de tamaño mostró una variación estacional; en verano la proporción de estas fracciones disminuye su contribución hasta en un 50% en comparación con el invierno. Se observa un patrón de distribución en las fracciones de tamaño en la zona eufótica, donde el micro- se distribuye por arriba del 10% de luz, el nano- por debajo del 20% de luz, mientras que el pico- muestra un comportamiento diferente entre épocas, en invierno se distribuye por debajo del 20% de luz y en verano por arriba del 30% de luz. El presente estudio nos permitió evaluar la contribución de la variabilidad estacional y espacial de las fracciones de tamaño de los productores primarios del Golfo de México, además evidencia que las fracciones de fitoplancton de menor tamaño (nano-, pico) dominan la zona eufótica de dicho ecosistema.

SE13-13

DINÁMICA POBLACIONAL DE CRECIMIENTO Y MORTALIDAD POR PASTOREO DEL PICO-FITOPLANCTON DURANTE CONDICIONES DE PRIMAVERA EN DOS REGIONES DEL GOLFO DE MÉXICO

Linacre Lorena y Mirabal-Gómez Uriel
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 llinacre@cicese.mx

Durante el crucero oceanográfico MMF-01 (marzo 2016) efectuado en el Golfo de México (GM), se realizaron estudios experimentales sobre la dinámica de crecimiento y mortalidad por pastoreo del microzooplancton de la comunidad fitoplanctónica y de tres poblaciones de pico-fitoplancton: *Prochlorococcus* (PRO), *Synechococcus* (SYN) y Pico-Eucariontes (PEUK). En dos estaciones costeras (B5 y C10) y dos oceánicas (B9 y C14) de las regiones de Perdido y Coatzacoalcos, se colectó agua de mar desde la zona eufótica para la realización de incubaciones abordo por un periodo de 24-h, que permitieron la estimación de las tasas de crecimiento (µ) y mortalidad (m) de fitoplancton (basadas en clorofila-a [Chla]) y de pico-fitoplancton (basadas en biomasa de carbono). Se colectaron además, muestras iniciales para análisis de Chla por fluorometría y para la determinación de las abundancias de las 3 poblaciones de pico-fitoplancton mediante análisis de citometría de flujo. Las abundancias (células·l⁻¹) fueron convertidas a biomasa (µgC·l⁻¹) utilizando factores de conversión de carbono por célula reportados para la región. Los mayores valores de Chla (~1 µg·l⁻¹), abundancia (~10⁵ cel·ml⁻¹) y biomasa (~20 µgC·l⁻¹) de pico-fitoplancton total fueron registradas en la estación oceánica de Coatzacoalcos (C14), donde también se estimaron los mayores valores de las tasas µ y m (>1.5 d⁻¹) de la comunidad fitoplanctónica. En esta área oceánica también se registraron altos valores de producción primaria (PP) de fitoplancton y de su consumo (G) protista (PP y G > 0.6 µgChla·l⁻¹), cuyas estimaciones fueron aproximadamente el doble a las encontradas en las otras estaciones experimentales. Los mayores valores registrados en la estación C14, estuvieron posiblemente asociados a un frente de convergencia localizado en esta región, el cual pudo no solo haber acumulado la biomasa fitoplanctónica existente, sino además mantenido la PP generada diariamente en este sitio, la cual fue también eficientemente consumida por el microzooplancton (G:PP >100%). Las poblaciones de pico-fitoplancton en cambio, evidenciaron una dinámica de crecimiento-mortalidad variable por estación y región. PRO y SYN registraron sus máximos valores de µ (>1.5 d⁻¹) hacia las estaciones costeras de Perdido (B5) y Coatzacoalcos (C10), respectivamente, mientras que PEUK presentó su tasa

máxima (µ~ 0.6 d⁻¹) en la estación oceánica de Perdido (B9). Los valores de m presentaron un patrón similar para las 3 poblaciones autotróficas, registrando sus tasas máximas (m >1.3 d⁻¹) en la estación costera de Coatzacoalcos (C10). A pesar de esta variabilidad espacial en las tasas específicas, en general las tres poblaciones autotróficas presentaron un patrón de presión de pastoreo protista similar al observado en la comunidad fitoplanctónica. Sus mayores valores de impacto de pastoreo se encontraron hacia la región de Coatzacoalcos asociado posiblemente a la mayor abundancia (>60% del total) de sus potenciales consumidores microzooplanctónicos. Estos resultados evidencian el papel preponderante que juegan las poblaciones microbianas en la transferencia trófica de materia y energía en el ecosistema oligotrófico del GM.

SE13-14

RELACIÓN ENTRE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES Y LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS

Echeverri García Laura del Pilar¹, Herzka Llon Sharon Zinah¹, Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.², Daudén Bengoa Gonzalo³, Pérez Brunius Paula⁴ y Cano Compaire Jesus¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-IPN
 lechever@cicese.edu.mx

Los peces adultos influyen en la distribución espacial y temporal de huevos y de larvas a través del comportamiento reproductivo. En la mayoría de especies marinas, los huevos y larvas son planctónicos, por lo que los procesos de circulación oceánica también influyen en su distribución. De manera conjunta, factores biológicos y físicos determinan la conformación de asociaciones de ictioplancton, las cuales corresponden a la agrupación de distintos taxones en un momento y lugar determinados. El estudio de las asociaciones permite conocer la distribución de taxones de interés, inferir zonas y épocas de reproducción, y evaluar la relación de procesos biológicos con procesos oceanográficos. En la región de aguas profundas del sur del golfo de México pocos estudios han analizado las características y la variabilidad espacial y temporal de las asociaciones ictioplanctónicas. Actualmente se está generando una base de datos taxonómica de larvas de peces en esta región, que incluye información obtenida en distintos años y temporadas durante los cruceros XIXIMI. En el presente trabajo se recopila información colectada en noviembre de 2010, julio de 2011 y agosto-septiembre de 2015. El objetivo es analizar la conformación de asociaciones de larvas de peces en función de las condiciones oceanográficas a través de análisis estadísticos multivariados. Se compararán la composición y abundancias de taxones dominantes entre zonas oceanográficas y se examinará la presencia de taxones raros. Las zonas se definen con base en variables indicadoras de la circulación que provienen de lances de CTD y de sensores remotos; entre estas variables se consideran las anomalías del nivel del mar, las anomalías de la temperatura, la temperatura promedio en la capa superficial de la columna de agua, y la concentración de chl-a. La composición de taxones dominantes fue similar en los tres años de muestreo, y se han registrado taxones raros que probablemente han sido transportados desde otras zonas hasta la región de aguas profundas. Este trabajo aportará información acerca de la relación de procesos físicos con la distribución y dispersión de larvas de peces, y con la conformación y el mantenimiento de asociaciones en zonas oceanográficas contrastantes. .

SE13-15

APROXIMACIÓN METAGENÓMICA Y MORFOLÓGICA DE LA DIVERSIDAD DEL ZOOPLANCTON E ICTIOPLANCTON EN EL GOLFO DE MÉXICO: ALCANCES, VENTAJAS Y LIMITACIONES

Galindo Sánchez Clara Elizabeth¹, Arteaga Uribe María Clara¹, Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.², Batta Lona Paola G.¹, Saavedra Flores Anaí⁴, Robles Flores Javier², Hereu Clara María¹, Martínez Miguel¹ y Gómez Reyes Ricardo de Jesús E.¹
¹CICESE
²CICIMAR
 cgalindo@cicese.mx

La variación estacional y espacial en las condiciones ambientales del El Golfo de México (GoM) afectan la dinámica de la comunidad planctónica. El zooplancton y el ictioplancton son una fuente importante de energía para los niveles tróficos superiores y son indicadores del estado de salud del ecosistema marino. Tradicionalmente, la herramienta que ha contribuido a incrementar el conocimiento de las especies que integran esta comunidad ha sido la identificación morfológica. Actualmente, herramientas como la secuenciación masiva o de última generación, incluyendo los análisis metagenómicos, ofrecen amplias posibilidades para llevar a cabo estas evaluaciones en periodos más cortos y con mayor precisión. El objetivo de este trabajo es determinar la estructura y diversidad de la comunidad zoo e ictioplanctónica del GoM. Se analizaron muestras colectadas con red bongo en el GoM durante los cruceros oceanográficos XIXIMI-04 y XIXIMI-05 realizados durante verano del 2015 y 2016. Para cada muestra ambiental se amplificó la región V9 del gen 18S y la secuenciación se llevó a cabo en un aparato MiSeq (Illumina). Además, se realizó la identificación morfológica de los principales grupos taxonómicos. Con la integración de la taxonomía basada en la morfología, secuenciación de última

generación y la bioinformática se contribuirá al conocimiento taxonómico de las comunidades del zooplancton en el GoM. Estos avances permitirán evaluar la composición y variación de la comunidad zooplanktonica y ayudarán a entender los impactos potenciales de derrames de hidrocarburos. En este trabajo se reportan los primeros resultados de este estudio multidisciplinario, donde se discutirá sobre sus alcances, ventajas y limitaciones.

SE13-16

DINÁMICA ESPACIAL Y TEMPORAL DE SARGAZO EN EL GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO: ANÁLISIS 2014-2015

Uribe Abigail, Liceaga-Correa María de los Angeles y Cuevas Eduardo
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
abigailum@gmail.com

Las comunidades de sargazo pelágico cumplen su ciclo de vida en la superficie del mar, estando a merced de los forzantes físicos que rigen la dinámica oceánica de la región en donde se encuentren. Estas comunidades tienen alta relevancia al servir como sitio de refugio y desarrollo para especies de alto interés ecológico y económico, siendo un vector pasivo de conectividad entre diversos ambientes costeros y oceánicos. Sin embargo, en los últimos años los arribazones masivos de estas macroalgas han provocado impactos socioeconómicos importantes en las costas del Caribe y Golfo de México (GoM). En este contexto, es imprescindible el análisis de su dinámica espacial y temporal, así como el estudio del proceso de transporte y dispersión. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica espacial y temporal de la cobertura de sargazo dentro de regiones oceanográficas y analizar sus patrones de orientación. Para la cuantificación del sargazo se utilizaron clasificaciones supervisadas semiautomatizadas de imágenes Landsat 8 de los años 2014 y 2015. Las agregaciones de sargazo se definieron por polígonos, para los cuales se instrumentó un indicador de su orientación, clasificándolos en norte-sur (NS), este-oeste (EO), noreste-suroeste (NESO) y noroeste-sureste (NOSE). Las regiones oceanográficas de referencia utilizadas fueron obtenidas a partir de la conjunción de unidades dinámicas derivadas de vientos superficiales de QuickScat, corrientes geostroficas y topografía dinámica absoluta de AVISO+, lo que resulta pertinente pues estas variables están relacionadas con la dinámica de circulación oceánica. Para cada región se obtuvieron las series de tiempo del área de sargazo mensual, la cobertura proporcional al área de la región, así como estadísticas de la orientación de los polígonos de sargazo. Durante el 2014, en las regiones del interior del GoM circularon mayores cantidades de sargazo, en contraste con las regiones asociadas al Caribe mexicano y corriente de Lazo. Para finales del 2014, en el Caribe se observó un incremento sustancial del área de sargazo detectado, alcanzando sus valores máximos en el verano del 2015. En ese mismo año también se observó una sucesión de la cobertura de sargazo en las regiones del Caribe fluyendo con la corriente de Lazo. Las regiones del centro y centro-este del Golfo presentaron de manera constante cantidades considerables de sargazo, a diferencia del sur del GoM y la zona costera, en las cuales únicamente se observan incrementos esporádicos del área detectada de la macroalga. La orientación dominante de los polígonos de sargazo en las regiones del Caribe fue NOSE, mientras que las de la corriente de Lazo y el GoM central fueron NESO y NS, aunque con un cambio durante el invierno cuando en estas regiones aumenta la cantidad de polígonos orientados al NOSE. Con este trabajo se contribuye a la cuantificación de áreas de sargazo en el GoM y Caribe mexicano y se sientan las bases para el estudio de su dinámica espacial y temporal, así como de su asociación con los forzantes físicos de la circulación superficial oceánica, determinantes en la distribución de este ecosistema flotante.

SE13-17

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CARBONO ORGANICO DISUELTO EN EL GOLFO DE MÉXICO DURANTE LA CAMPAÑA XIXIMI-4

Camacho-Ibar Victor F., Hakspiel-Segura Cristian,
Ortiz-Campos Eduardo y Muñoz-Anderson Mauricio
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
vcamacho@uabc.edu.mx

El carbono orgánico disuelto (COD) constituye el segundo reservorio más abundante de carbono en el océano. La concentración y distribución espacial del COD ha sido evaluada en las estaciones cubiertas por la campaña oceanográfica XIXIMI-4 durante agosto-septiembre de 2015 en la región mexicana del Golfo de México, incluyendo el estrecho de Yucatán. El COD en las muestras de agua de mar de 51 perfiles, entre someros (~10–1900 m) y profundos (~0–3800 m), se determinó mediante combustión catalítica en un analizador de carbono orgánico Shimadzu TOC-LCSH. Como control de calidad se analizaron dos tipos de materiales de referencia certificados, correspondientes al agua baja en carbono (LCW por sus siglas en inglés) y al agua de mar profunda (DSW por sus siglas en inglés), con rangos de valores consensados de 1 a 2 μM y 41 a 44 μM , respectivamente. Los resultados del DSW (intervalo: 36.7–47.2 μM ; promedio: 42.4 $\pm$ 1.9 μM ; n= 190) indicaron que el nivel de precisión y exactitud en los análisis de aguas profundas fue satisfactorio. A partir de los resultados de los perfiles individuales de COD se estableció el perfil promedio de XIXIMI-4. En la capa superficial (<300m) se observó la mayor variabilidad del COD (40–89 μM) la cual es resultado, principalmente, de la modulación ejercida por la dinámica ambiental y de la respuesta biológica a los

procesos hidrográficos. Entre 300 m y 600 m, el COD disminuye abruptamente como resultado del predominio de procesos de remineralización. Por debajo de esta capa, el COD alcanza valores mínimos (41–45 μM) que permanecen poco fluctuantes hasta el estrato profundo. Nuestros resultados indican que el COD en el Golfo de México presenta un comportamiento similar al reportado para otros perfiles del Atlántico Norte y el Caribe, por lo que pequeñas diferencias a este patrón en la capa superficial se encuentran asociadas a los niveles de producción biológica de cada región, mientras que pronunciadas desviaciones en capas intermedias y profundas podrían corresponder a potenciales emisiones de hidrocarburos. Comparaciones entre las cantidades de COD integrado hasta ~400m de XIXIMI-4 y las estimadas para XIXIMI-2 (julio-2011) y XIXIMI-3 (febrero-2013) sugieren una variabilidad temporal, posiblemente, asociada al ciclo estacional de la producción primaria. Palabras clave: carbono orgánico disuelto, Golfo de México, XIXIMI-4, hidrografía

SE13-18

CARBONO ANTROPOGÉNICO EN EL GOLFO DE MÉXICO ESTIMADO A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO INORGÁNICO DISUELTO

Quintanilla Termini José Gerardo, Herguera Juan Carlos y Hernández Ayón Martín
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
josegqt@gmail.com

El incremento en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico producto de la actividad antropogénica a estado acompañado de una disminución en su proporción isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. A medida que el océano absorbe el CO_2 antropogénico esta disminución también afecta la composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CID}}$) de el carbono inorgánico disuelto (CID) y puede ser utilizada para estimar la cantidad de carbono antropogénico que se ha acumulado. Se presentan los resultados de las mediciones isotópicas del CID como trazador de la absorción de CO_2 de origen antropogénico en el golfo de México del 2010 al 2016 con muestras obtenidas durante las campañas oceanográficas XIXIMI-1-2-3-4-5. Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{CID}}$ muestran una disminución promedio de -0.009‰ año⁻¹, siendo las masas de agua más someras las que muestran el mayor cambio. A partir de esta disminución se estimó una tasa de aumento en la concentración de CID antropogénico promedio de 0.61 $\mu\text{mol-C kg}^{-1}\text{ año}^{-1}$ que corresponde a un aumento total de 0.07 Pg-C año⁻¹.

SE13-19

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE CLOROFILA EN REMOLINOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Pallás Sanz Enric¹, Tenreiro Miguel², Meunier Thomas², Portela Esther², Ochoa Jose Luis³, Ruiz-Angulo Angel⁴, Ulloa Marco⁴, Cusi Simó⁴ y Aranda Eliot²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
⁴CICATA-Altamira
epallas@cicese.mx

Los remolinos de la corriente del lazo son estructuras mesoescalares (~100-150 km de radio) que se propagan hacia el oeste a velocidades de propagación de 2-7 km/día. El Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) muestreó durante 1 año, principalmente, dos remolinos de mesoescala liberados por la corriente del lazo. Los planeadores submarinos o gliders de GMOG fueron equipados con CTD (por sus siglas en inglés) y un fluorómetro de 700nm que permite calcular la concentración de clorofila-a (Chla). Una característica general, ampliamente conocida, de la distribución vertical de Chla, es la presencia del máximo profundo de clorofila (DCM, por sus siglas en inglés). Previo a forzamientos atmosféricos intensos las mediciones muestran elevada concentración de Chla en profundidad consistente con el DCM. Dicho DCM se encuentra a una profundidad de ~[100-125] m en el interior de los remolinos y aflora hasta la base de la capa de mezcla en la periferia de los mismos. Los resultados preliminares sugieren que las profundidades de la isoterma de 25-26°C y 23°C son indicadores de la profundidad del DCM en el interior y periferia del remolino, respectivamente. En presencia de forzamiento atmosférico, el paso de frentes fríos (Nortes) inducen fuerte mezcla vertical que incrementa la profundidad de la capa de mezcla y redistribuye la Chla desde la profundidad del DCM hasta la superficie. Debido a que los Nortes ocurren preferencialmente en otoño e invierno, se concluye que la distribución vertical de Chla en el interior de los remolinos de la corriente del lazo tiene una fuerte variabilidad estacional: Chla concentrada en el DCM en primavera-verano y Chla distribuida en los primeros ~100-125 m en otoño-invierno. Como trabajo futuro se propone la estimación del incremento de Chla en la periferia de los remolinos inducido por la inyección de nutrientes en la capa fótica durante episodios de surgencia local asociada a la deformación del remolino. Así mismo se estudiará el incremento de Chla en el centro de los remolinos debido a la interacción entre el viento y el remolino.

SE13-20

DESCRIPCIÓN CLIMATOLÓGICA DE LA CORRIENTE DE LAZO Y SU INFLUENCIA CON LOS NUTRIENTES

Delgado Contreras Juan Antonio¹, Hernandez Ayón Martín², Sudre Joel³, Tanahara Romero Sorayda A.⁴, Montes Torres Ivonne⁵ y Zirino Albert⁶¹Facultad de Ciencias Marinas/Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC³LEGOS France⁴Facultad de Ciencias Marinas, UABC⁵Instituto Geofísico del Perú⁶Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego
delgado.juan@uabc.edu.mx

La circulación en el Golfo de México (GoM) es dominada por la Corriente de Lazo (CL) y los anticiclones desprendidos que se mueven hacia el Oeste pudiendo distribuir y mezclar la salinidad, temperatura del agua de mar y los nutrientes de las aguas sub-superficiales en el interior de GoM. Este trabajo tiene el objeto de describir el comportamiento climatológico de la Corriente de Lazo y su influencia en la estructura hidrodinámica sub-superficial responsable de la productividad primaria. Para calcular las climatologías mensuales de los campos superficiales del esfuerzo del viento, temperatura del mar, corrientes totales y altura dinámica absoluta se usaron 24 años de imágenes satelitales superficiales diarias, años 1993 a 2016, provenientes de GEKCO de LEGOS Francia. También se obtuvieron las climatologías mensuales de temperatura, salinidad, nitratos, oxígeno disuelto, silicatos, fosfatos extraídas de CARS; así como las climatologías mensuales meteorológicas superficiales de COADS y las climatologías de clorofila de MODIS. La Corriente de Lazo (CL) presentó un ciclo de intrusión estacional al interior del GoM coincidente con el ciclo de la componente meridional del Sur del esfuerzo del viento; iniciando en la primavera y continuando hasta los meses del verano. Tomando como referencia la isolínea de los 40 cm de altura dinámica como indicador del frente de la punta de la CL, se encontró un avance máximo del frente de la CL partiendo de los 26.35°N y de los 88.34°W, en el verano, de 190 km hacia el Norte y al oeste de 265 km respectivamente. Espacialmente, se encontró una alta variabilidad de la altura dinámica absoluta, ± 35 cm en la región de la CL, y en la banda latitudinal de los 23.8 – 28.2°N disminuyendo de Este a Oeste de ± 35 a ± 10 cm. Considerando que la máxima variabilidad es en la latitud 25°N y 80-97°W se obtuvieron secciones verticales con las propiedades oceanográficas y de los nutrientes en los primeros 500 metros de profundidad. Los resultados sugieren un hundimiento de las isoclinas de nitratos de 10 μ M de los 109 m (otoño e invierno) a 223 m (primavera y verano) y de los fosfatos considerando la isoclima de aprox. 0.8 μ M de 118 m y 232 m respectivamente. Asimismo, las concentraciones de clorofila fueron máximas a finales de otoño y los meses de invierno en promedio de 0.19 mg/kg y mínimas durante los meses de verano, 0.08 mg/kg. Los análisis climatológicos de GEKCO, CARS, COADS y MODIS nos permiten estudiar y entender el efecto de la CL en la biogeoquímica dentro del GoM.

SE13-21

BALANCE DE NUTRIENTES EN LA PLATAFORMA DE YUCATÁN E INFLUENCIA DE PROCESOS DE ALTA Y BAJA FRECUENCIA

Estrada Allis Sheila Natali¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos², Herrera Jorge² y Díaz Aldo³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CINVESTAV³UABC

sheila@cicese.mx

Las plataformas continentales representan un importante reservorio de biodiversidad, juegan un importante papel en el ciclo global del nitrógeno siendo áreas altamente productivas. La plataforma de Yucatán (PY) es la plataforma más extensa del Golfo de México. Sin embargo, la cuantificación de fuentes y sumideros del flujo y balance de nitrógeno en la PY permanece aún sin clarificar. Esto se debe a la gran variedad de procesos físicos, a diferentes escalas espacio-temporales, que le influyen (viento, ondas, corriente de Yucatán y afloramiento). A través de un modelo biogeoquímico (Fennel) acoplado a un modelo físico (ROMS) se cuantifica el balance del ciclo de nitrógeno en la PY para un periodo de 15 años. El modelo es evaluado mediante datos observacionales del proyecto GOMEX V. Los resultados indican que la desnitrificación juega un papel importante como sumidero de nitrógeno en la plataforma interna. La mayor entrada de nutrientes ocurre principalmente por el margen este y sureste de la plataforma externa. Los flujos de nitrógeno son exportados hacia la bahía de Campeche por la corriente oeste, aunque gran parte del nitrógeno es advectado hacia mar abierto por el margen norte de la plataforma externa. Los resultados indican que estos flujos a través de la costa se encuentran dominado no solo por procesos de baja frecuencia (> 60 días), sino también por procesos altamente energéticos de alta frecuencia (3-5 días).

SE13-22

BIOGEOCHEMICAL MODELING IN THE OPEN-WATERS OF THE GULF OF MEXICO: SEASONAL AND MESOSCALE VARIABILITY

Damien Pierre¹, Pasqueron de Fommervault Orens², Sheinbaum Julio³ y Duteil Olaf²¹CICESE²GEOMAR

pdamien@cicese.mx

Throughout the Gulf of Mexico open waters, satellite measurements evidenced a clear seasonal variability in the surface chlorophyll concentration. The most important factor controlling this annual cycle is the depth of the mixed layer. Recent studies carried on in subtropical oligotrophic regions suggested that the surface chlorophyll increase may not be systematically associated to a real biomass increase but may results from physiological mechanisms. This finding may be echoed in the Gulf of Mexico as the integrated biomass derived from fluorescence data acquired by the first deployment of profiling floats presents low variability. Despite the increasing amount of observations in the Gulf of Mexico open waters, data is still lacking to infer the seasonal and interannual variability of the chlorophyll vertical structure at a sub-basin scale, as well as the mesoscale variability. Moreover, a strong limitation of observational-based studies remains in the difficulty to provide a synoptic view of all the factors that influence the water column biogeochemical state. In that sense, coupled physical-biological models have been found to be complementary and indispensable tools, especially for understanding the mechanisms controlling the close relationship between physical and biogeochemical processes. In the framework of Cigom consortium, the biogeochemical model PISCES was coupled to a 1/12 degrees resolution simulation of the Gulf of Mexico circulation. We review the capability of the coupled model to reproduce the main biogeochemical patterns and variability in the basin. The model reveals a more contrasted situation than an unique basin scale chlorophyll pattern. This variability appears to be dependent of sub-regions of the Gulf of Mexico and is strongly affected by the mesoscale dynamic (in particular by Loop Current eddies). We investigate some of the physical-biogeochemical coupling processes associated with the GoM sub-regions and with Loop Current eddies.

SE13-23

CONDICIONES TERMOHALINAS Y DE CIRCULACIÓN EN LA PLATAFORMA DE YUCATÁN

Mariño Tapia Ismael¹, Enríquez Cecilia², Souza Gómez Alejandro¹ y Ruiz-Angulo Angel³¹CINVESTAV Mérida²Facultad de Ciencias, UNAM Sisal³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
imarino@cinvestav.mx

Debido al derrame de petróleo de la plataforma "Deepwater Horizon" en el pozo "Macondo", EUA, CINVESTAV, UNAM y CICESE comenzaron una serie de monitoreos en la parte mexicana del Golfo de México, para intentar detectar evidencias del derrame y evaluar los posibles efectos en mares mexicanos. Existen evidencias satelitales del rastro superficial del derrame, donde se observa que parte de éste rodea el remolino anticiclónico que se desprendió de la corriente de lazo en Junio de 2010 y llega al borde de la península de Yucatán. Adicionalmente existen procesos oceanográficos capaces de transportar agua profunda a la plataforma continental, como son las surgencias y los procesos de divergencia asociados a remolinos de mesoescala, los cuales son especialmente relevantes a la dispersión de petróleo cuando interactúan con la plataforma continental. Durante monitoreos en la plataforma de Yucatán en 2011, un año después del derrame, se encontraron altos niveles de hidrocarburos en el borde de la plataforma, lo que fortaleció la hipótesis del posible transporte de hidrocarburos de aguas profundas a la plataforma de Yucatán. El presente trabajo investiga la circulación e hidrografía en la plataforma de Yucatán medida a través de cruceros oceanográficos (CiGOM) y modelación numérica (salidas de NEMO global), para caracterizar aquellos procesos vinculados con la surgencia de Cabo Catoche y el posible intercambio de agua entre la región profunda y la plataforma continental. La circulación en la plataforma de Yucatán está caracterizada por una persistente corriente hacia el oeste, que tiene una marcada modulación diurna generada parcialmente por la marea y el viento. En escalas subinerciales el viento es el principal generador de la circulación, aunque existen importantes contribuciones de la corriente de Yucatán. Por otro lado, las masas de agua presentes en la plataforma de Yucatán son el producto de la interacción entre varios procesos oceanográficos importantes. Cerca de las costas existen fuertes gradientes salinos debido a la presencia de aportes submarinos del acuífero que diluyen el mar, y altas salinidades producidas por la evaporación existente en las lagunas y costas muy someras. En la plataforma continental, existe influencia fuerte de un proceso de surgencia estacional que ocurre en Cabo Catoche y baña buena parte de la plataforma continental. En invierno, debido al efecto de las tormentas (nortes) el efecto de surgencia se inhibe. En este trabajo se presentarán evidencias de todos estos fenómenos, con énfasis en sus implicaciones para la dispersión y la calidad del ambiente marino en la plataforma de Yucatán.

SE13-24

CONDICIONES TERMOHALINAS Y DE CIRCULACIÓN EN EL POLÍGONO PERDIDO

Enríquez Ortiz Cecilia¹, Mariño Tapia Ismael², Meza-Padilla José Rafael¹, Ruiz-Angulo Angel¹ y Appendini Christian M.¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CINVESTAV Mérida

cenriqz@ciencias.unam.mx

Del Golfo de México, la región occidental es en la actualidad de gran interés para la industria petrolera. Es la región de impacto de los remolinos anticiclónicos que se desprenden de la Corriente de Lazo, cuya influencia se extiende ampliamente en el oeste del Golfo. Es una región altamente dinámica que ha sido objeto de estudio desde hace muchos años a partir de modelaciones numéricas. Sin embargo, el conocimiento actual de la dinámica no es suficiente para inferir con precisión los procesos de transporte que puedan sustentar la explotación de hidrocarburos con modelos de dispersión que conecten el mar profundo con las zonas costeras. Esta contribución presenta los resultados de las condiciones ambientales medidas con CTD y ADCPs en las estaciones sobre la plataforma y zona oceánica adyacente al estado de Tamaulipas en las campañas oceanográficas del proyecto CIGOM. Los resultados muestran la influencia que tienen los procesos oceanográficos, atmosféricos y continentales en los campos termohalinos y las corrientes en el polígono de estudio. El detalle observado en las características ambientales durante los períodos de medición se contrasta con resultados del análisis de datos de modelación numérica, con un enfoque multi-escala, desde la zona costera hasta el mar profundo.

SE13-25

PATRONES DE CIRCULACIÓN OBSERVADOS DURANTE LOS TRES EXPERIMENTOS LAGRANGIANOS DE CIGOM EN LA REGIÓN DE PERDIDO

Pérez Brunius Paula¹, García Carrillo Paula¹, González Rejón Julieta², Castro Valdez Ruben², Rodríguez Outerelo Javier², Domínguez Alejandro³ y Flores-Vidal Xavier³

¹Departamento de Oceanografía Física, CICESE

²Facultad de Ciencias Marinas, UABC

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
brunius@cicese.mx

Se presentan los patrones de circulación observados a partir de las boyas de deriva superficiales lanzadas durante los tres experimentos de dispersión en la región del talud continental de Perdido, en junio (DWDE1) y octubre (DWDE2) de 2016 y en abril (DWDE3) de 2017. En las tres ocasiones se observó en la región profunda la presencia de un anticiclón proveniente del Lazo, uno diferente para cada crucero, mostrando diferentes estadios de madurez, intensidad y cercanía a la costa. Esto ocasionó que la gran mayoría de las boyas quedaran atrapadas dando varias vueltas dentro del anticiclón. Algunos patrones de la evolución de estos remolinos serán presentados (rapidez de giro, rapidez azimutal máxima, tamaño). Las boyas liberadas cerca de la plataforma tuvieron comportamientos diferentes en los tres cruceros. En DWDE1 y DWDE3 se encontró una circulación ciclónica en la esquina noroeste del golfo, por lo que boyas circulando en la periferia del anticiclón fueron atrapadas por el flujo ciclónico, lo cual permitió su entrada a la plataforma de Texas-Luisiana tras ~un mes. Por el contrario, en DWDE2 las boyas entraron a la plataforma de Tamaulipas en menos de una semana y de ahí continuaron en un flujo veloz hacia el sur (>90cm/s) hasta llegar a la plataforma de Tabasco. Este último crucero coincidió con la entrada de un norte días después de liberadas las boyas (ver presentación de J. González). Aunque el análisis de base de datos histórica muestra que es más probable que boyas liberadas en Perdido lleguen a la plataforma de Texas-Luisiana (ver presentación J. Outerelo y también Miron et al 2017), el crucero de octubre de 2016 muestra una condición dinámica generada por la entrada de vientos intensos del norte, que permite la rápida advección de partículas de Perdido a la plataforma occidental de México.

SE13-26

CIRCULACIÓN HIDRODINÁMICA EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO POR MEDIO DE MAPAS AUTO-ORGANIZADOS

Meza-Padilla José Rafael¹, Appendini Christian M.¹ y Enríquez Cecilia²

¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ciencias, Unidad Académica Sisal, UNAM
lenny_adictmaker@hotmail.com

En este estudio se presenta un análisis de la variabilidad de las corrientes en el Golfo de México Occidental (WGoM). Las corrientes en esta región están dominadas por los remolinos que se desprenden de la corriente de lazo, conocidos como Loop Current Eddies (LCE). Estos remolinos tienen un comportamiento variable y dinámico, por lo que en este estudio empleamos un sistema de redes neuronales sin supervisión o mapas auto-organizados (SOMs) para analizar su variabilidad. Usando esta técnica podemos asimilar de mejor manera la compleja dinámica que caracteriza los LCE pues asimilan el comportamiento de las corrientes y agrupan

su variabilidad (temporal y espacial) en distintos patrones. Los patrones resultantes permiten caracterizar la hidrodinámica conservando la relación no lineal que existe entre los datos que alimentan la red neuronal, y que se perdería al emplear otros métodos convencionales (e.g. promedios temporales). El análisis se realizó en base a tres experimentos distintos del modelo HYCOM con datos de enero 1993 a diciembre 2016. Se decidió utilizar los campos de salinidad y de corrientes a 200 metros de profundidad del WGoM para aplicar la técnica de SOMs y del análisis se obtiene que dicha zona se puede agrupar en 6 distintas regiones de variabilidad temporal y en 16 patrones de circulación espacial. Los resultados muestran que los LCE influyen en la columna de agua tanto en aguas profundas como en regiones someras (<50m) en concordancia con mediciones realizadas por estudios previos. La región de impacto se encuentra entre las latitudes 22N y 24N y se observa una clara relación con la posición del giro de Campeche en el suroeste del Golfo, cuya intrusión latitudinal máxima es alrededor de la 22.2N y presenta desplazamientos hacia el oeste cuando el intervalo entre los LCE es muy prolongado o de menor tamaño. En la zona norte del WGoM se presenta un giro anti-ciclónico de forma constante en la región sureste de la plataforma de Luisiana-Texas y dos vórtices intermitentes alrededor de la latitud 26N que se forman con el paso de los LCE hacia el oeste. Se encontró que la región de mayor dinámica y variabilidad es la zona de convergencia de los 4 giros identificados con esta técnica y corresponde a la región del cinturón plegado de perdido, cuyo transporte dominante es costa afuera, como lo han determinado otros autores. La agrupación de 24 años de circulación hidrodinámica en 16 patrones tiene el objetivo de limitar el número de escenarios que serán modelados en la siguiente fase del proyecto, donde se acoplará un modelo de derrame de hidrocarburos para determinar regiones de posible afectación ante distintos escenarios durante una contingencia.

SE13-27

EL FLUJO A TRAVÉS DEL GOLFO DE MÉXICO

Candela Julio, Ochoa José Luis, Sheinbaum Julio, López Manuel, Pérez Brunius Paula, Tenreiro Miguel y Pallás Sanz Enric
CICESE
jcandela@cicese.mx

Cuatro años (09/2012 a 08/2016) de observaciones simultáneas de corrientes y temperaturas a través del Canal de Yucatán y del Estrecho de la Florida (@ ~81 grados W) permiten investigar las características del flujo a través del Golfo de México. El promedio del transporte durante este periodo en ambos canales es de 27.6 Sv ($1\text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$), en concordancia con el transporte medio estimado en el Estrecho de la Florida en base a datos hidrográficos y observaciones anteriores (Schmitz and Richardson, DSR 1991). En la sección del Estrecho de la Florida la parte del transporte relacionado con la marea astronómica explica un 71% varianza observada con un carácter mixto entre energía diurna y semi-diurna (IM (Índice de Marea) = $(Q1+O1+P1+K1) / (N2+M2+S2+K2) = 1.4$), mientras que en la sección del Canal de Yucatán la varianza del transporte relacionado a la marea astronómica es 86% y su carácter es principalmente diurno ($IM = 8.2$). Esto último seguramente debido a la excitación de un modo normal barotrópico entre el Golfo de México y el Mar Caribe, con un nodo en el Canal de Yucatán, que presenta un periodo cercano al diurno (~27 h). En frecuencias subinerciales (< 1/(7días)) los transportes entre Yucatán y Florida presentan una correlación de 0.83 sin desfase apreciable, lo cual es indicativo del efecto simultáneo que tienen los procesos que afectan la variabilidad del transporte en ambos canales. Utilizando 2 años (07/2014 a 07/2016) de mediciones simultáneas de corriente en la sección de Florida (@ ~81° W), la sección del cable (@ ~26.7 N) y una sección a través del Canal Viejo de Bahama (@ ~22.8 N), se obtienen promedios de transporte de 28.5, 31.2 y -1.7 Sv respectivamente, lo cual indica una contribución promedio de solo 1 Sv del Northwest Providence Channel al transporte medido en la sección del cable para este periodo.

SE13-28

VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA CORRIENTE DE YUCATÁN

Athie Gabriela¹, Sheinbaum Julio¹, Romero Arteaga Angélica María², Candela Julio¹ y Ochoa José¹
¹CICESE

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California
g_athie@hotmail.com

Se analizó el ciclo estacional del transporte en el Canal de Yucatán a partir de una serie sin precedente de 6.5 años de observaciones, la cual consiste en tres series de tiempo continuas de #1.5 años (1999-2001), 1 año (2010-2011) y #4 años (2012-2016). A escalas estacionales, la componente anual domina claramente sobre la semianual con una amplitud 3 veces mayor; sin embargo, ambas señales representan solamente alrededor del 35% de la varianza subinercial del transporte. Este comportamiento estacional parece estar relacionado con el rotacional del esfuerzo del viento en el Mar Caymán, ambas variables presentan un máximo en verano (julio-agosto) y un segundo incremento de menor amplitud durante el invierno (enero-febrero). El análisis mas detallado año con año, muestra que la variabilidad interanual juega un papel importante en la intensidad del ciclo estacional. A partir de modelos numéricos se ha observado una relación directa entre el incremento de la vorticidad ciclónica en el extremo oeste del canal, el aumento del transporte a través del mismo y el aumento en la extensión de la Corriente de Lazo, lo que genera

condiciones favorables para la liberación de remolinos en el Golfo de México; los datos muestran que la relación entre estas variables es menor a la observada en los modelos, lo que sugiere que existen otros mecanismos o variables que podrían intervenir de forma importante en el comportamiento estacional del sistema. Un resultado interesante es que la variabilidad estacional de la Corriente de Yucatán (considerando solo el transporte en el lado oeste del canal) es principalmente semianual, sin embargo esta señal representa menos del 10% de la varianza subinercial. En esta zona domina una variabilidad de mayor frecuencia (10-100 días), la cual es fuertemente compensada por las fluctuaciones en el lado este del canal, en consecuencia se observan fuertes pulsos de energía cinética que no son reflejados en el transporte total a través del Canal de Yucatán.

SE13-29

VARIABILIDAD DEL NIVEL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO EN DIFERENTES FRECUENCIAS

Zavala-Hidalgo Jorge¹, González-Santamaría Raúl¹, Ochoa José², Romero-Centeno Rosario¹ y Hernández Maguey Felipe¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CICESE

jzavala@atmosfera.unam.mx

Se revisa la variabilidad del nivel del mar a partir de observaciones y modelación numérica, desde periodos de pocos minutos, pasando por la marea astronómica, las variaciones intraestacionales, estacionales e interanuales hasta las tendencias de largo plazo. Para ello se consideran las observaciones costeras de los mareógrafos, observaciones hidrográficas, la altimetría satelital y simulaciones numéricas. Estudios previos han documentado una importante señal estacional con un máximo durante el otoño en el oeste del golfo y durante el verano en el norte del golfo. Esta variabilidad se analiza revisando sus causas y las diferentes contribuciones. Otras frecuencias como meteotsunamis se documentan y presentan.

SE13-30

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GLOBALES DE LA CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO; MODELACION NUMÉRICA.

Parés Sierra Alejandro¹, Montiel-Vera Maribel², Flores Morales Ana Laura³ y Gómez-Valdivia Felipe³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²CICESE

³UABC-FCM

⁴ECOSUR

apares@cicese.mx

Describimos característica globales de la circulación del Golfo de México a partir de resultados modelados con ROMS. Utilizado un algoritmo eficiente de análisis global, basado en estadística Markoviana, discutimos conceptos globales de la circulación del Golfo como tiempo probable de arribo, zonas mas transitadas, zonas de sombra y conectividad. Se presentan estas características para varias profundidades contrastando con similares conceptos calculados directamente del movimiento de partículas Lagrangianas. Presentamos en particular las características y evolución del tránsito del canal de Yucatan al canal de Florida asociados al proceso de separación de los remolinos del Golfo.

SE13-31

IMPACTO DE LAS OBSERVACIONES EN UNA ESTIMACIÓN DEL ESTADO DEL MAR PARA EL GOLFO DE MEXICO

Azevedo Correia de Souza Joao Marcos y Maslo Aljaz
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jazevedo@cicese.mx

Una serie de experimentos numéricos fueran proyectados para el desarrollo de una estimación del estado del mar para el Golfo de México (reanalysis). Estés incluyen una simulación libre (sin asimilación de datos), una simulación con la asimilación de datos disponibles en tiempo real para un sistema operacional de previsión (Anomalía del nivel del mar y temperatura de la superficie a partir de satélites, y perfiles de temperatura y salinidad de boyas Argo), y otra que incluye adicionalmente la asimilación de datos de anclajes (ADCPs y termostatos) no disponibles en tiempo real. Se presentan los resultados de los experimentos y una análisis de las diferencias observadas. Las virtudes y deficiencias del prototipo de modelo operacional en representar las observaciones son identificadas, con el objetivo de indicar nuevas fuentes potenciales de datos útiles para un sistema de previsión. Adicionalmente se estima el impacto de la asimilación de los datos en superficie sobre la circulación profunda.

SE13-32

CIRCULACIÓN ESTACIONAL EN LA REGIÓN DE PERDIDO, GOLFO DE MÉXICO: MODELACIÓN NUMÉRICA

Gómez-Valdivia Felipe¹ y Parés Sierra Alejandro²

¹El Colegio de la Frontera Sur

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
fgomezv@ecosur.mx

Mediante la implementación de un modelo numérico con alta resolución costera, hemos reproducido la variabilidad estacional de la dinámica oceánica del noroeste del Golfo de México con énfasis en el área de Perdido. De acuerdo con investigaciones previas enfocadas en la circulación costera local, nuestra implementación numérica muestra que la dinámica regional se caracteriza por la inversión estacional de la corriente costera. Esta corriente fluye, en promedio, hacia el norte durante Primavera-Verano y hacia el sur durante el resto del año. Durante Julio-Agosto el flujo hacia el norte es máximo, con una rapidez promedio cercana a 15 cm/s, mientras que durante Noviembre-Diciembre la velocidad hacia el sur registra máximos promedio menores a 10 cm/s. La dinámica local también se caracteriza por el arribo de giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente de Lazo y que meses después interactúan con la corriente costera. No obstante, en congruencia con observaciones previamente reportadas, nuestros resultados muestran que en general la dirección estacional de la corriente costera prevalece aún con el arribo de los giros anticiclónicos de origen remoto. La adecuada reproducción de la estacionalidad costera depende de la resolución horizontal: si esta resolución es más gruesa que 6 km el cambio estacional de la dirección de la circulación costera no se reproduce y domina el efecto de los giros anticiclónicos desprendidos de la Corriente de Lazo.

SE13-33

THE WAVE-CURRENT INTERACTION IN THE GULF OF MEXICO: AN ASSESSMENT OF THE COUPLED SYSTEM COAWST

Moulin Aimie, Osuna Pedro y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
amoulin@cicese.mx

The Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport (COAWST) Modeling System is used to investigate the effects of the processes associated with the wave-current interactions in the Gulf of Mexico. In this case, only the oceanic model ROMS and the wave model SWAN are coupled via MCT. The wave model sends to the ocean model the surface and bottom wave direction, height, length, period, the percentage of breaking waves and the energy dissipation. ROMS provides velocity components, surface height and bathymetric variation towards the wave model. Three numerical experiments with different coupling configurations are performed in order to assess the impact of waves on the ocean mixing layer, and of the ocean dynamics on the wave propagation. First, we implement independently ROMS and SWAN (without any coupling), in order to have a reference for the numerical results. Secondly, the ROMS-SWAN coupling case is implemented, where common variables are exchanged every 600 seconds. Finally, the ROMS-SWAN coupling including the Langmuir turbulence (implemented by Harcourt, 2015) is performed. Coupled and uncoupled model sea surface temperatures, velocities and waves fields, from 2011 to 2015, are compared with in situ and remote observations. Preliminary analysis reveals a significant effect of the wave-current interaction on the evolution of the ocean surface dynamics. Currents leaves its imprint in the wave structures through current-induced wave refraction. The Langmuir turbulence influences the mixing layer inducing a deepening or thinning down of the mixing layer depending the region and the wave height. This work is carried out in the framework of the project 201441 (CIGoM) funded by CONACYT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos.

SE13-34

EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN OLAS-CORRIENTES EN LA HIDRODINÁMICA DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE CONDICIONES DE HURACÁN

Osuna Pedro, Moulin Aimie y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
osunac@cicese.mx

En esta presentación se analiza el efecto de los procesos asociados a la interacción olas-corrientes, incluidos en el sistema acoplado COAWST, en la hidrodinámica de la capa superficial de océano en el Golfo de México. Los modelos incluidos en el acoplamiento (SWAN y ROMS para olas y corrientes, respectivamente) son forzados con datos atmosféricos del reanálisis CFSR, mientras que las condiciones iniciales y de frontera para el modelo ROMS son obtenidas a partir de GLORYS. No se consideran condiciones de frontera para el modelo SWAN. Se estudia el caso del huracán Isaac, que cruzó la parte norte del Golfo de México como tormenta tropical entre el 26 y 28 de agosto de 2012, convirtiéndose en huracán el 28 de agosto frente a las costas de Luisiana. A partir de los resultados numéricos podemos observar que el huracán irradia swell hacia grandes zonas del Golfo de México. Este oleaje

es refractado por el campo de corrientes superficiales y produce regiones de oleaje alto debido a convergencia de energía. Se encuentra que, durante condiciones de huracán, las diferencias entre las alturas oleaje calculadas por el sistema acoplado COAWST y las calculadas por el modelo SWAN desacoplado son de hasta 20%. Se observan grandes diferencias en la evolución de la estructura espacial del campo de corrientes superficiales calculada por los modelos de circulación en modo acoplado y desacoplado. Durante el período de análisis, el campo local de corrientes generado por el huracán se encuentra interactuando con la corriente del Lazo calculada por ambos modelos. Dada esta circunstancia, las diferencias entre los campos de corrientes superficiales calculados no pueden ser asociadas totalmente al efecto de los mecanismos de interacción entre el oleaje y la corriente. Los campos de temperatura superficial calculados por los modelos de circulación dentro de la zona de influencia del huracán muestran una región de temperatura más fría hacia la derecha y por detrás de la trayectoria del huracán. Esta región es más clara y extensa en los resultados del sistema acoplado COAWST.

SE13-35

SHARP FRONTAL CURRENTS IN THE GULF OF MEXICO OBSERVED BY SEA SURFACE ROUGHNESS AND SURFACE DRIFTERS

Raschle Nicolas G.¹, Nougier Frédéric², Chapron Bertrand² y Ocampo Torres Francisco Javier¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Univ. Brest, CNRS, IRD, Ifremer, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), IUEM, Brest, France
nraschle@cicese.mx

Following the Deep Water Horizon disastrous oil spill, an unprecedented number of surface drifters were deployed during the LAGrangian Submesoscale Experiment (LASER) to study surface dispersion in the northern Gulf of Mexico. During the last days of the experiment, about 200 drifters got caught within an eddy which swiped together all debris from an area about 40 km by 40 km into a small box of about 5 km by 5 km. Much alike atmospheric storms above the sea surface, spiraling fronts developed around the eddy center. One front was cleanly sampled by the drifters. Despite being 10 km long, it was extremely sharp, about 50 m, and exhibits extreme current gradients of about 50 to 100 f, including both convergence and cyclonic vorticity. Previously documented values of oceanic current gradients at those scale are typically one order of magnitude smaller. That front was successfully monitored by satellite and airborne sea surface roughness, which picks up the anomaly created by the intense current gradients. A new observational method was applied, using sun glitter reflections during multiple airplane passes to reconstruct the multi-angle roughness anomaly. This multi-angle anomaly is consistent with wave-current interactions over a front, including both cross-front convergence and along-front shear with cyclonic vorticity. Quantitatively, results agree with drifters and X-band radar observations, suggesting intense current gradients about 0.3 m/s over the 50 m wide front. This work opens new perspectives for monitoring intense oceanic fronts using drones or satellite constellations.

SE13-36

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE EL GOLFO DE MÉXICO A PARTIR DE UNA SIMULACIÓN DE 30 AÑOS DE ALTA RESOLUCIÓN

Romero-Centeno Rosario, Osorio-Tai María Elena, Zavala-Romero Olmo, Zavala-Hidalgo Jorge, Calva Chávez Miriam Alin, Meza Carreto Jaime y Villa Guerrero Arantxa
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
rosario@atmosfera.unam.mx

Se realizó una simulación de alta resolución de 30 años usando el modelo atmosférico de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF). Como condiciones iniciales y de frontera se utilizaron las salidas del reanálisis NCEP-CFSR y se realizó un nudging en los niveles altos. Las salidas de la simulación se utilizaron para realizar un análisis de la variabilidad climática sobre el Golfo de México, considerando variables como: temperatura del aire cerca de la superficie, precipitación, viento a 10 m y en altura, presión a nivel del mar, altura geopotencial, estabilidad atmosférica, flujos de calor, etc. El análisis se realizó con base en los valores horarios, los promedios diarios y mensuales, las climatologías diarias y mensuales, y los valores extremos para temperatura y viento.

SE13-37

REVISIÓN DE LOS FLUJOS DE CALOR EN EL GOLFO DE MÉXICO

Calva Chávez Miriam Alin, Zavala-Hidalgo Jorge, Romero-Centeno Rosario y Osorio-Tai María Elena
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
mcalva@atmosfera.unam.mx

El océano y la atmósfera intercambian calor en su interfaz a través de procesos de radiación solar, radiación de onda larga, calor sensible, y calor latente. En la zona de interacción océano-atmósfera la energía proveniente de la radiación solar que atraviesa la atmósfera y es absorbida por el océano. En este trabajo se realizó un análisis de los flujos de calor entre la atmósfera y el océano en el Golfo de México

utilizando las salidas del modelo WRF, boyas e información satelital. Se analizó la variación anual del flujo neto de calor, evaporación, precipitación, humedad específica, vientos, temperatura del aire y temperatura superficial del mar. Estos resultados fueron comparados con la base de datos OAFIux (Objectively Analyzed Air-Sea Heat Fluxes). Con el fin de obtener los mejores resultados posibles se hicieron correcciones en el cálculo de la radiación de onda corta, poniendo especial interés en el cálculo del albedo. Se encontró una variación estacional y espacial que influye directamente en los resultados del flujo neto de calor en el Golfo de México. En promedio el flujo neto de calor es positivo en la zona costera oeste del GoM, disminuye hacia el centro del GoM y se vuelve negativo en la zona noreste del GoM.

SE13-38

RESPUESTA DINÁMICA DEL GOLFO DE MÉXICO AL PASO DE FRENTE FRÍOS INTENSOS

Calderón-Bustamante Oscar, Zavala-Hidalgo Jorge, Herrera-Moro Dulce, Magariños Fernando, Romero-Centeno Rosario, González-Santamaría Raúl, Pedraza-Díaz Angélica, Pedraza-Díaz Lucía, Osorio-Tai María Elena, Calva Chávez Miriam Alin y Zavala-Romero Olmo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
calderon@atmosfera.unam.mx

Se analiza el comportamiento de la circulación y el nivel del mar en el Golfo de México al ante el paso de frentes fríos intensos entre 1992-2012 mediante simulaciones numéricas. Para los forzamientos atmosféricos se usa el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) y para la circulación oceánica el modelo HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). Los resultados muestran la respuesta del Golfo de México a distintas profundidades y distintas escalas de tiempo tanto en regiones de aguas someras como en regiones de aguas profundas, generando corrientes de diferentes intensidades superficiales y subsuperficiales, paralelas a la costa sobre la plataforma y el talud continental, cambios en el nivel del mar asociados a ondas atrapadas a la costa, oscilaciones inerciales y cambios en la profundidad de la capa de mezcla.

SE13-39

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE UN INCENDIO IDEALIZADO SOBRE EL OCÉANO: UN NORTE EN EL ÁREA DEL PERDIDO VS EL VERANO EN DEEPWATER HORIZON

Passalacqua Gino A. y Turrent Cuauhtémoc
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gpassala@cicese.mx

Históricamente la actividad petrolera en aguas del Golfo de México se ha visto afectada por accidentes que generaron extensos derrames de petróleo. Con la intención de mitigar las consecuencias negativas de estos percances, se simuló los posibles impactos de los contaminantes atmosféricos de un derrame de hidrocarburos utilizando el modelo Weather Research and Forecasting acoplado con varios módulos que desarrollan la química atmosférica (WRF-CHEM). Las condiciones atmosféricas durante el desarrollo de los derrames de hidrocarburos juegan un papel fundamental en la dispersión y las reacciones químicas de los contaminantes atmosféricos. Por ello, se eligieron para las simulaciones condiciones atmosféricas de verano y un frente frío invernal (FF), conocido como "Norte". Se realizaron múltiples simulaciones numéricas con el modelo WRF sin considerar la química atmosférica, para verificar la correcta representación de todos los procesos físicos. La configuración del modelo se concentró en 2 dominios de 16 y 4 Km de resolución horizontal y 59 niveles verticales. La inclusión de contaminantes atmosféricos derivados del derrame de hidrocarburos se realizó mediante una combustión intencional y permanente de hidrocarburos en la superficie del mar. La combustión idealizada se incorporó mediante emisiones directas a la atmósfera de monóxido de carbono (CO) y carbono negro (CN) y usando el esquema de combustión de biomasa y cálculo de plumas del modelo WRF-CHEM, realizándose varias configuraciones de los módulos que resuelven la química atmosférica con la intención de obtener resultados realistas. El accidente de la plataforma Deepwater Horizon (DWH) se utilizó como experimento referencial debido a la gran cantidad de observaciones disponibles durante y después del accidente que sirven para la validación de nuestras simulaciones. Basados en estas observaciones se utilizó una tasa de emisión de CO y CN de 1000 ug/m²/s. Asimismo, las simulaciones del DWH corresponden a las condiciones atmosféricas de verano. Las simulaciones de condiciones atmosféricas de un FF se realizaron con un incendio idealizado con condiciones de combustión similares a DWH, con la fuente del incendio en la zona de Perdido 3500 m (PRD). Se realizaron dos experimentos basados en las condiciones atmosféricas del FF # 22, Temporada 2009-2010, el cual llega a PRD el 07 de Enero. Con la intención de simular diferentes escenarios de accidentes en una plataforma petrolera se realizó un primer experimento iniciando el incendio idealizado 42 horas antes de la llegada del FF a PRD. En un segundo experimento, el incendio idealizado se inició 48 horas después de la llegada del FF a PRD. De los resultados se concluye que las zonas afectadas por la dispersión y el nivel de concentración de contaminantes atmosféricos producto de un derrame de hidrocarburos dependen considerablemente de las condiciones atmosféricas durante la duración del derrame. La orientación de la pluma de contaminantes atmosféricos, y su respectiva concentración depende de las condiciones del viento a diferentes niveles. Asimismo, la dispersión vertical de los contaminantes

atmosféricos durante un "Norte" está limitada por la altura de la capa planetaria y la circulación dentro y por encima de esta.

SE13-40

MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA COMBUSTIÓN DE HIDROCARBUROS SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR

Turrent Cuauhtémoc y Passalacqua Gino A.
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
turrentc@cicese.mx

La combustión intencional y controlada de hidrocarburos en la superficie del mar es una medida de mitigación utilizada comúnmente para controlar derrames de hidrocarburos en el océano. Se presentan diversos casos de estudio (entre ellos, el derrame de la plataforma Deep Water Horizon en 2010) para validar una metodología basada en WRF-CHEM que modela la contaminación atmosférica provocada por dichos incendios y resuelve explícitamente la altura a la que los contaminantes son liberados en la atmósfera tras ascender dentro de la pluma del incendio. El problema es caracterizado por tres factores: el tamaño del incendio, el flujo de calor asociado y la magnitud de las emisiones de gases y aerosoles correspondientes. Se presentan comparaciones entre los resultados numéricos y observaciones disponibles, que incluyen imágenes de satélite de diversas fuentes.

SE13-41 CARTEL

EFFECTS OF SEASONAL AND INTERANNUAL EVENTS ON PHYTOPLANKTON BIOMASS OFF THE YUCATÁN PENINSULA

Díaz-Aguilar Consuelo y Álvarez-Borrego Saúl
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
cdiaz@cicese.edu.mx

This contribution has the objective to describe the seasonal and interannual variations of phytoplankton biomass (Chl_{sat}) off the northern peninsula of Yucatán. Comparing four transects an inference on the possible forcing agents causing these variations may be made. The five coastal areas are: off Cabo Catoche (CC); off Dzilam de Bravo (DB); off El Palmar (EP); and off Puerto Morelos (PM). Monthly composites of sea surface temperature (SST) and chlorophyll *a* concentration (Chl_{sat}), derived from the satellite sensor Aqua-MODIS, for the period January 2003 – December 2016, were used to generate time series. SeaDAS 7.0.2 v software provided by NASA was used to process the imagery and to construct 200 km transects off the mentioned localities. Our study area is influenced by upwelling occurring off the northeastern portion of the peninsula, off Cabo Catoche, caused by the intense Yucatán current. These upwelled waters propagate westward over the Yucatán shelf fertilizing the whole region. Phytoplankton biomass clearly separates our study area into a coastal portion (first 40 km), and an oceanic portion, with larger Chl_{sat} values in the former. In the coastal portion, variation of Chl_{sat} showed biological conditions separated into two "seasons." The first season had the maximum Chl_{sat} values and it was April-September, and the second was October-March. But in the Caribbean (off PM) the first period was the other way around, with maximum Chl_{sat} in October-March. Off CC, DB, and EP, during the first period there were higher Chl_{sat} values (up to >5 mg m⁻³) than during the second (>2 mg m⁻³). In the Caribbean the maximum Chl_{sat} was only 0.2 mg m⁻³ and the minimum was <0.05 mg m⁻³. This has a close relation with the physical dynamics of these very contrasting regions, and with the seasonality of coastal upwelling off the northern coast of the peninsula. The seasonal variation off northern Yucatán is not as dramatic as in other oceanic regions, it does not imply an oligotrophic situation during the second period. The year-to-year SST and Chl_{sat} variations, of all transects, had clear seasonal and interannual components, with the largest variation in the seasonal component. Interannual variation of Chl_{sat} is caused by the changing coastal dynamics off the northern Yucatán peninsula. The changing intensity of winds explain only part of the seasonality and intensity of upwelling. Upwelling is also affected by non-periodic mesoscale processes and by the changing transport of the Yucatán current, the northernmost penetration of the Loop current, and the detachment of anticyclonic eddies by this current.

SE13-42 CARTEL

LA ABUNDANCIA DE FORAMINÍFEROS BÉNTICOS Y SU RESPUESTA A LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Egremy Aidé y Herguera Juan Carlos
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
egremy.va@gmail.com

El Golfo de México (GM) es un gran sistema oligotrófico que alberga diversas comunidades en el fondo marino, los foraminíferos bénticos conforman uno de los grupos más abundantes y mejor distribuidos, características que los hacen buenos representantes de la meiofauna béntica. Con el objetivo de describir y evaluar los patrones de distribución actual de foraminíferos bénticos (FB) se trabajó con la biocenosis y taxonomía de este grupo. Se muestran resultados sobre su abundancia en sedimentos de talud y llanura abisal del GM durante cuatro

campañas oceanográficas de 2011-2015. Además se cuenta con información sobre la respuesta de este grupo a la variabilidad ambiental en la región de aguas profundas del GM. Se ha interpretado la abundancia de este grupo en función de la profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno, disponibilidad de alimento, carbonatos, carbono orgánico particulado, terrígenos, relación C/N. Para el análisis poblacional se utilizaron núcleos de sedimento obtenidos a bordo del B/O "Justo Sierra" durante las campañas oceanográficas XIXIMI-2 2011, XIXIMI-3 2013, XIXIMI-4 2015 y XIXIMI-5 (2016). De cada estación, se muestrearon en el barco los primeros tres centímetros en segmentos cilíndricos perpendiculares a la profundidad para cada núcleo y se preservaron en frascos con una solución de formalina al 4% con agua de mar. En el laboratorio estos se procesaron, lavaron y tamizaron a través de un tamiz con luz de malla de 150 µm y se tiñeron con rosa de bengala para caracterizar aquellos que aún tenían materia orgánica en las testas calcáreas y aglutinadas, a los que consecuentemente consideramos parte de la biocenosis. Los resultados muestran una variabilidad en los patrones de distribución observados para cada crucero. En general las observaciones sugieren que los foraminíferos bénticos teñidos probablemente se vean influenciados por la variabilidad en áreas cercanas al talud, donde el alimento disponible es relativamente mayor a aquellas zonas situadas en la llanura abisal en las que el alimento está más limitado. Palabras clave: Golfo de México, biocenosis, variabilidad

SE13-43 CARTEL

PROCESOS DE RECARGA DE OXÍGENO Y DE RESPIRACIÓN EN LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO AL SUR DEL PARALELO 25N

Herguera Juan Carlos¹, Quintanilla Terminel José Gerardo² y Ferreira Bartrina Vicente²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
herguera@cicese.mx

Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en las aguas superficiales del golfo de México son el resultado del balance entre las interacciones océano-atmósfera, de los procesos de fotosíntesis y de la respiración de los organismos autótrofos y heterótrofos. Por debajo de la zona fótica, en las aguas subsuperficiales hasta las más profundas, los procesos de mezcla y la oxidación de la materia orgánica procedente de la superficie y en casos excepcionales de fugas naturales de reservorios de hidrocarburos y gases en el mar son los principales controles de sus concentraciones. En este trabajo presentaremos varias aproximaciones para constreñir la importancia de los diferentes procesos que expliquen los patrones observados y las tendencias que observamos a lo largo de las campañas XIXIMI que venimos realizando durante los últimos años, así como las implicaciones para otros trazadores biogeoquímicos en la columna de agua como el carbono y nutrientes.

SE13-44 CARTEL

COMPOSICIÓN ELEMENTAL E ISOTÓPICA DE LOS SEDIMENTO Y EDADES RADIOCARBONO EN LOS TALUDES Y LLANURA ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICO AL SUR DEL PARALELO 25#N

Herguera Juan Carlos¹, Contreras Pacheco Yéssica Vanessa² y Ferreira Bartrina Vicente²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
herguera@cicese.mx

Mostramos resultados de muestras de sedimentos de los taludes y llanuras abisales del golfo de México con el objetivo de caracterizar su geoquímica elemental y su composición isotópica para comprender la importancia de los procesos que controlan su abundancia y distribución. Los resultados de este estudio muestran la variabilidad de las abundancias relativas de carbono y nitrógeno orgánico y sus composiciones isotópicas, la relación C/N, carbonatos y del componente terrígeno en los sedimentos del talud continental y abisales del golfo así como de sus tasas de sedimentación derivadas a partir de dataciones de radiocarbono 14. Utilizamos las concentraciones de estos componentes para determinar los patrones de distribución de los carbonatos y terrígenos, así como la determinación del carbono orgánico, y su composición isotópica con el objetivo de caracterizar la importancia de los controles de producción, transferencia y preservación en la región de aguas profundas del golfo de México al S del paralelo 25#N. Los resultados de este estudio muestran como la variabilidad de las tasas de sedimentación ayudan a explicar las distribuciones relativas de los componentes lito- y biogénicos más importantes observados en los sedimentos del talud continental y abisales del golfo.

SE13-45 CARTEL

**SIMULACIÓN DE CAUDALES DIARIOS
DE 5 RÍOS IMPORTANTES Y SUS
IMPLICACIONES EN EL GOLFO DE MÉXICO**

González Ramírez Javier y Parés Sierra Alejandro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
rjavier@cicese.edu.mx

Se ha probado que buenos datos de entrada, tales como caudales y nutrientes, son fundamentales para obtener resultados satisfactorios al utilizar modelos numéricos para simular procesos biogeoquímicos en el océano. Actualmente no se cuenta con datos de caudales o nutrientes en las desembocaduras de los ríos mas relevantes que vierten sus aguas en el Golfo de México. En el presente estudio se dan conocer los resultados del modelo hidrológico Soil and Water Assessment Tool (SWAT) que se utilizó para simular las descargas diarias de los ríos Grijalva, Usumacinta, Coatzacoalcos, Papaloapan y Pánuco para el periodo 1989 - 2013. Posterior a estas simulaciones, los caudales obtenidos en las desembocaduras se ingresaron al modelo de circulación Regional Oceanic Modeling System (ROMS), para en una primera etapa, hacer una evaluación de las diferencias en salinidad, temperatura y circulación misma en el Golfo de México. Finalmente, se pretende llevar a cabo la simulación biogeoquímica con datos de nutrientes (nitrato y amonio) obtenidos con el mismo modelo hidrológico (SWAT). Es importante mencionar que estos datos no existen para ninguno de los ríos antes mencionados por lo que esta es la mayor limitación hasta el momento para todos los estudios de modelos biogeoquímicos realizados en el Golfo de México.

SE13-46 CARTEL

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO BIOGEOQUÍMICO
PARA INVESTIGACIÓN Y SIMULACIONES
“OFF-LINE” EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Pedraza-Díaz Angélica, Zavala-Hidalgo Jorge,
González-Santamaría Raúl y Calderón-Bustamante Oscar
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
apedraza@atmosfera.unam.mx

Hoy en día, el uso de modelos biogeoquímicos simples en las ciencias oceánicas ha ido en aumento debido a que su uso tiene ciertas ventajas. Este tipo de modelos permite una amplia gama de comportamientos que son suficientes para generar simulaciones realistas de ciertos procesos dinámicos de los ecosistemas. En este trabajo se implementa un módulo biogeoquímico acoplado a un modelo de circulación oceánica (HYCOM) con el propósito de simular y analizar la respuesta de procesos biogeoquímicos en el Golfo de México. El modelo biogeoquímico usado fue del tipo NPZD, tomando como referencia las ecuaciones de un modelo basado en nitrógeno. El modelo se corre “off-line” usando datos de entrada provenientes del modelo de circulación oceánica. El modelo NPZD se encuentra formado de siete componentes: amonio, nitrato, fitoplancton pequeño, fitoplancton grande, microzooplancton, mesozooplancton y detritus. El modelo de circulación oceánica es forzado con flujos de calor y de momento horarios provenientes de una simulación de condiciones climáticas, la simulación del modelo oceánico no tiene asimilación y presenta condiciones de frontera abierta de una simulación del HYCOM global. Se evaluó el ciclo estacional de plancton comparándolo con la concentración de clorofila-a de información satelital.

SE13-47 CARTEL

**HIGH RESOLUTION NUMERICAL MODELING
OF THE WESTERN GULF OF MEXICO**

Sheinbaum Julio¹, Jouanno Julien² y Medrano Jaimes Hernan Favio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, (LEGOS), Toulouse, France
julios@cicese.mx

A one kilometer horizontal resolution model of the western Gulf of Mexico is nested within a 3 km resolution model for the whole basin. We use the Nucleus for European Modelling of the Ocean (NEMO) model with AGRIF (Advanced Grid Refinement in Fortran) for the embedding. We compare the characteristics of the circulation (vorticity, enstrophy, eddy kinetic energy) with results from lower resolution simulations. Numerical experiments are carried out to investigate the dispersion of tracers and lagrangian particles relevant for the development of oil spill scenarios.

SE13-48 CARTEL

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD TEMPORAL DE
NUTRIENTES EN LA PLATAFORMA DE YUCATÁN A
TRAVÉS DE UN MODELO ACOPLADO FÍSICO-BIOLÓGICO**

Díaz Márquez Aldo Antonio, Azevedo Correia de
Souza Joao Marcos y Estrada Allis Sheila Natali
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
aldodiaz@cicese.mx

En el presente trabajo se realizó un estudio sobre la variabilidad temporal de las variables biogeoquímicas de la plataforma de Yucatán. La plataforma fue dividida en dos compartimientos, la plataforma interna que comprende la región desde la línea de costa hasta la isóbata de los 50 metros, y la plataforma externa desde la isóbata de los 50 metros hasta la isóbata de los 250 metros. Se utilizó un periodo de 10 años de salidas de un modelo físico (ROMS) acoplado a un modelo biogeoquímico (Fennel). El modelo biogeoquímico consta de 7 variables de estado; de las cuales solo se utilizaron los parámetros asociados al ciclo del nitrógeno. Estas se dividen en DIN (nitrógeno inorgánico disuelto), compuesto por nitrato y amonio, y PON (nitrógeno orgánico particulado), compuesto por fitoplancton, zooplancton, y dos grupos de detritos separados por su tamaño. Con el objetivo de conocer la variabilidad temporal, los componentes del ciclo del nitrógeno fueron integrados y promediados en los dos compartimientos de la plataforma. Se generó una climatología mensual, la cual muestra una estacionalidad definida. Los resultados también muestran que el DIN se encuentra más influenciado por fluctuaciones de alta frecuencia en comparación con el PON.

SE13-49 CARTEL

**CAMPOS DE VIENTO Y OLEAJE CON ALTA
RESOLUCIÓN ESPACIAL - ESTIMACIÓN
MEDIANTE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA**

Díaz Méndez Guillermo¹, Ocampo Torres Francisco Javier¹ y Esquivel Trava Bernardo²
¹CICESE
²UABC-IIO
gdiaz@cicese.mx

El radar de apertura sintética (RAS) es un sensor activo que emite haces de microondas y forma imágenes a partir de la intensidad y la fase de la señal reflejada. De acuerdo con el principio de reflexión difusa de Bragg [Alpers et al. 1981], son las olas gravito-capilares (con longitud de onda O2#30 cm), las que reflejan más intensamente los haces emitidos hacia la superficie del océano por los sistemas RAS que forman parte de las misiones espaciales de observación de la tierra. Las características de la rugosidad de la superficie del océano, es decir, de la distribución espacio-temporal de estas ondas de Bragg, son resultado de la interacción de aquellos fenómenos físicos (viento, oleaje, corrientes superficiales, ondas internas, ondas atmosféricas) y químico-biológicos (tensión superficial, presencia de películas surfactantes, etc.) que se manifiestan sobre esta interfaz. El trabajo que presentamos forma parte de la LA1 del proyecto CIGoM y tiene como objetivo estudiar las características del campo de oleaje y del viento superficial en el golfo de México mediante el análisis de las características de la rugosidad de la superficie del océano estimada a partir de RAS. Con imágenes adquiridas desde los satélites Sentinel-1 y TerraSAR-X, se han calculado la velocidad del viento a 10 m sobre la superficie del océano U10, así como la longitud de onda Lp y la dirección de propagación Dp del oleaje, de forma similar a Díaz Méndez et al. [2010]. En comparación con los resultados numéricos de la base de datos IOWAGA [Rascle et al. 2013], nuestras observaciones revelan mayor variabilidad espacial de los campos de viento y oleaje, particularmente cerca de la costa donde los efectos de escala del relieve (topografía y batimetría) son más significativos. Este tipo de análisis brinda la posibilidad de estudiar, a escalas sinópticas pero con alta resolución espacial, fenómenos oceanográficos y atmosféricos que tienen una señal sobre la superficie del océano. Bibliografía Alpers, W. R., D. B. Ross y C. L. Rufenach, 1981. On the detectability of ocean surface waves by real and synthetic aperture radar, J. of Geophys. Res., 86(C7): 6481—6498. Díaz Méndez, G. M., S. Lehner, F. J. Ocampo-Torres, X.-M. Li y S. Brusch, 2010. Wind and wave observations off the south Pacific Coast of Mexico using TerraSAR-X imagery, Int. J. Rem. Sens., 31(17), 4933—4955. Rascle, N., F. Ardhuin, P. Queffelec y D. Croizé-Fillon, 2013. A global wave parameter database for geophysical applications. Part 1: wave-current-turbulence interaction parameters for the open ocean based on traditional parameterizations, Oc. Mod., 25: 154—171.

SE13-50 CARTEL

**CAN GLOBAL LEARNING-BASED METHODS
HELP IMPROVE BIOGEOCHEMICAL
MODELS IN THE GULF OF MEXICO?**Pasqueron de Fommervault Orens¹, Damien Pierre¹, Sauzède
Raphaëlle², Pérez Brunius Paula¹, Sheinbaum Julio¹ y Claustre Herve³¹Departamento de Oceanografía Física, CICESE²Institut français de recherche pour le développement, Tahiti³Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, Francia
orens@cicese.mx

In the deep waters of the Gulf of Mexico (GoM), historical in-situ data are relatively scarce. This results in a relative poor knowledge of the distribution and the dynamics of biogeochemical variables and also represents an obstacle in developing numerical models. In 2011, the deployment in the GoM of eight APEX profiling floats by the Bureau of Ocean Energy Management (BOEM, USA) equipped with bio-optical sensors, significantly increased the number of available data. This permitted to describe, for the first time and over the whole water column, the seasonal cycle of the chlorophyll concentration ([CHL]). This dataset was also a valuable asset to calibrated and validate [CHL] in biogeochemical models that are currently implemented in the GoM. At the global scale, neural networks based methods (NN) were recently developed to retrieve the seasonal vertical distribution of biogeochemical variables (phytoplankton biomass, associated community composition and macro-nutrients concentrations) with a relatively high accuracy. In the GoM, these methods were regionally validated using XIXIMI dataset and showed good results. Here we present preliminary results and potential applications of these NN. This work takes advantage of the large observational effort undertaken in the GoM and aims to improve numerical models that are developed in the framework of the Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM). NN were firstly used in combination with floats profiles to provide estimates of variables that are not presently measured by floats. This offered a cost-effective opportunity to retrieve the seasonal 3D distribution of macronutrients and phytoplankton community composition in deep-water GoM. Resulting climatologies were then used to support additional model validations. Finally, NN were used to improve open boundaries conditions, which currently correspond to annual WOA climatologies, by providing dynamical fields of nutrients and phytoplankton concentrations.

SE13-51 CARTEL

**UNIDADES OCEANOGRÁFICAS DINÁMICAS:
LA INTEGRACIÓN MENSUAL CLIMATOLÓGICA
DE LAS CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS
SUPERFICIALES DEL GOLFO DE MÉXICO**Uribe Abigail¹, Aguirre-Gómez Raúl¹, Zavala-Hidalgo Jorge¹ y Ressler Rainer²¹UNAM²CONABIO

abigailum@gmail.com

Desde hace varias décadas se han planteado distintas aproximaciones para regionalizar el Golfo de México (GoM) particularmente por la necesidad vigente de dividir este Gran Ecosistema Marino altamente complejo para su mejor entendimiento, monitoreo y gobernanza. Las aproximaciones de regionalización del GoM incluyen diversos aspectos desde físicos, biológicos y geomorfológicos con gran énfasis en la zona costera, donde de manera natural ocurren la mayor diversidad de ecosistemas. Sin embargo, dichas propuestas han hecho poco énfasis en la evolución temporal que las regiones presentan de manera inherente a las variaciones estacionales y el comportamiento altamente dinámico de las características biofísicas en su conjunto. Con el presente trabajo proponemos un esquema de integración de variables biofísicas de forma mensual para segmentar y caracterizar el GoM en unidades oceanográficas (UOs) dinámicas. Se utilizaron datos del 2003 al 2013, derivados de imágenes satelitales tal como topografía dinámica absoluta, temperatura superficial del mar, concentración de clorofila [a] y altura de la línea de fluorescencia de la clorofila (FLH), así como los componentes U y V de la corriente superficial y la salinidad provenientes del modelo de circulación HYCOM. Todas las variables se trabajaron a una resolución espacial de 4 km y se obtuvieron sus promedios climatológicos de forma mensual. Las variables se analizaron de manera conjunta para identificar clusters de mínima varianza y máxima homogeneidad, congruentes a lo largo del año y de transición suavizada. Se identificaron entre 13 y 14 unidades oceanográficas espacialmente diferenciables para cada mes del año, de forma general en dos conjuntos estacionales: en Invierno las Aguas frías del GoM Norte separadas de aguas cálidas y en verano un Golfo casi homologado, separado aguas muy cálidas provenientes del Atlántico. Destacan por su tamaño el GoM Centro y el GoM Norte, que, junto con la Sonda de Campeche son las UOs con más variación espacial a lo largo del año. Destaca también la segmentación del flujo asociado a la Corriente de Lazo (CL) en cinco UOs: Circulación NE, CL Norte, Corriente del Golfo, Corriente de Florida y Corriente de Yucatán; éstas dos últimas son las unidades más pequeñas y estables, pero que, por el comportamiento característico de la corriente, están bien diferenciadas del resto del GoM. De las zonas someras se distingue la región de Louisiana-Texas por presentar los valores más altos de concentración de clorofila y FLH de forma constante. Las UO obtenidas representan los rasgos oceánicos preponderantes del

GoM y diferencia algunos sectores del flujo de circulación predominante; a la vez que permite observar su evolución espacial a lo largo del año y analizar el ritmo temporal de los parámetros biofísicos que las definen. Con este trabajo se planea un esquema de segmentación del GoM encaminado a considerar y evaluar sus variaciones espaciotemporales de forma interanual.

SE13-52 CARTEL

**COMUNIDADES DE PECES ÓSEOS
JUVENILES ASOCIADAS A LAS PRADERAS
DE PASTOS MARINOS DE LA PENÍNSULA
DE YUCATÁN: USO DE HÁBITAT ESENCIAL**Romo Curiel Alfonsina Eugenia¹, López Rasgado Francisco Javier¹, Sánchez
Cruz Aline Karen¹, Herzka Llona Sharon Zinah³ y Gallegos Martínez Margarita E.¹¹Universidad Autónoma Metropolitana, UAM²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
kenacuriel@gmail.com

Las praderas de pasto marino es uno de los ecosistemas más productivos y diversos a nivel mundial. El uso preferencial de estos ecosistemas marinos por peces e invertebrados, durante las etapas tempranas de su ciclo de vida, se debe a que en este ambiente se llevan a cabo funciones ecológicas importantes, así mismo proveen de refugio, alimentación y las condiciones necesarias para aumentar su supervivencia y reclutamiento a las poblaciones de adultos, principalmente de especies con importancia ecológica y comercial. A lo largo de la costa de la península de Yucatán existen grandes extensiones de praderas de pastos marinos asociadas al sistema de manglar; sin embargo, se desconoce el potencial de este ambiente como hábitat esencial para peces óseos juveniles. Durante las temporadas de secas, lluvias y nortes del 2016 se realizaron por triplicado arrastres con un trineo de patines en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche y en el área de protección Yum-Balam en Quintana Roo, así mismo se tomaron mediciones de las variables ambientales y características de las especies de pasto presente. Se capturaron un total de 12,076 individuos de 89 especies pertenecientes a 32 familias. Las comunidades de ambas localidades estuvieron compuestas por especies de importancia ecológica (8.4%), comercial (39.8%) y de ornato (51.8%). La distribución espacial, densidad y frecuencia de tallas de las especies variaron en función de la temporada del año. Se estimó una alta diversidad y riqueza de especies, sin embargo la variación en la composición de las comunidades de peces juveniles estuvo en función de la composición y altura de las especies de pasto presente en cada localidad, así como del ambiente aledaño a la pradera, dando como resultado un porcentaje de disimilitud del 83.9% entre comunidades. En este estudio se resalta la importancia ecológica de las praderas de pasto marino, ya que las comunidades ícticas aprovechan las características de este tipo de ecosistemas para el desarrollo de su etapa temprana y que la complejidad estructural de la pradera genera cambios en la estructura comunitaria entre y dentro de los sitios de estudio.

SE13-53 CARTEL

**IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES DE BAJA FRECUENCIA
EN LA COSTA SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO
ASOCIADAS A LAS INTERACCIONES CON GIROS
DESPRENDIDOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO**Beltrán Barrón Nadia Denisse y Parés Sierra Alejandro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
nbeltran@cicese.edu.mx

La circulación del Golfo de México está dominada por la Corriente de Lazo: una corriente energética que esporádicamente desprende remolinos anticiclónicos afectando la circulación en una gran parte del Golfo. Estos remolinos al desprenderse se propagan hacia el oeste del Golfo y al llegar a interactuar con la costa pueden generar señales como ondas atrapadas a la costa que se propaguen hacia el sur con la costa a su derecha. Con el objetivo de identificar estas señales se analizaron 20 años de salidas del Regional Ocean Modeling System (ROMS) obtenidas para dos casos de estudio: con y sin forzamiento de viento. Las velocidades horizontales mostraron una propagación de ondas atrapadas a lo largo de la isóbata de 1800 m de profundidad (talud continental) en ambos casos de estudio; sin embargo, en la plataforma continental (200 y 500 m específicamente), se encontró que estas señales relacionadas con los remolinos desprendidos de la Corriente de Lazo son más débiles y predominan las señales producidas por los vientos. El hecho de que las señales generadas por los remolinos sean débiles en la plataforma continental puede ser explicado por la trayectoria de estos remolinos, los cuales al desprenderse de la Corriente de Lazo y llegar al talud continental producen las ondas atrapadas a la costa y parecen ser detenidos por la topografía, sin ser capaces de llegar a transportarse hacia la plataforma y generar estas ondas en profundidades menores.

SE13-54 CARTEL

**CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN PLATAFORMA
CONTINENTAL Y AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO
DE MÉXICO: OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2016**González Rejón Julieta¹, Castro Valdez Ruben², Flores-Vidal Xavier² y Pérez Brunius Paula¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Universidad Autónoma de Baja California, UABC

jgonzalezrej@hotmmail.com

La circulación superficial del Golfo de México está determinada por distintas interacciones atmosféricas y oceánicas, algunas de carácter estacional. Entre los forzamientos más importantes de la circulación superficial se encuentra el esfuerzo del viento, la Corriente de Lazo y los remolinos de mesoescala. En la temporada de otoño e invierno los frentes fríos provenientes del noroeste de Estados Unidos generan una corriente costera hacia el sur del Golfo de México. Se analizó la información de datos horarios de 47 derivadores lagrangeanos liberados en el Experimento de Dispersión en Aguas Profundas (DWDE-2) en el Golfo de México. Además se utilizaron datos horarios de viento de una boyta meteorológica localizada sobre la isobeta de 3 125 m y del reanálisis climático ERA5. Esto con el objetivo de describir y analizar la circulación superficial en aguas profundas y de plataforma continental del 16 de octubre al 29 de noviembre de 2016. La circulación descrita por los derivadores fue contrastada con información satelital de la topografía dinámica absoluta, velocidades geostroficas y vientos para evaluar la respuesta a estos forzamientos. Adicionalmente se evaluó la correlación del esfuerzo del viento con los derivadores en periodos de eventos "nortes". A los datos de los derivadores y los vientos se les aplicó un filtro pasabajos para eliminar señales diurnas asociadas a las mareas y oscilaciones inerciales. La circulación superficial en aguas profundas estuvo dominada por la presencia del remolino anticiclónico "Poseidón" quien mantuvo en su trayectoria a la mayoría de los derivadores en aguas profundas. La correlación del esfuerzo del viento con los derivadores en aguas profundas fue baja, con valores promedio de 0.3. En aguas de plataforma continental los derivadores describieron la circulación superficial típica de la temporada otoño-invernal, con desplazamientos hacia el sur del golfo. Los vientos y los derivadores mostraron una correlación promedio de 0.6 para todo el periodo de estudio mientras que para los periodos de nortes, presentaron una correlación promedio de 0.9 (frente frío # 4) y 0.7 (frente frío # 6). La circulación superficial en plataforma continental respondió al forzamiento del viento, sobre todo en los periodos de "nortes", mientras que la circulación en aguas profundas se vio afectada por el remolino anticiclónico.

SE13-55 CARTEL

**DIENTES DE TURSIOPS TRUNCATUS COMO REGISTROS
AMBIENTALES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO**Olivares-Rodríguez Elsa¹, Aguñiga-García Sergio¹, Díaz-Gamboa Raúl², Rojas Silva Germán¹, Elorriaga-Verplancken Fernando³, Antonio-Robles Jaime¹, Torres-Rojas Yassir Edén¹, Tripp-Valdez Arturo³ y Sánchez-González Alberto¹¹Instituto Politécnico Nacional - CICIMAR, IPN²Universidad Autónoma de Yucatán, UADY³Instituto Tecnológico de Salina Cruz, ITSAL⁴Universidad Autónoma de Campeche - EPOMEX
aleolivares91@gmail.com

Los depredadores tope como los mamíferos marinos son potenciales registros de la variabilidad ambiental pues los cambios en la base de la trama trófica se pueden reflejar hasta éstos. Aunque en Laguna de Términos, Campeche, existen datos de cambios en la cobertura de pastos marinos y distribución de otros productores primarios, la biodiversidad íctica y del régimen hídrico, no se ha evaluado como estos cambios se conservan hasta el tope de la trama trófica. Los dientes del delfín *Tursiops truncatus*, por su deposición anual de dentina, son registros inertes espacio temporales de los estadios de vida del individuo y del hábitat biogeoquímico asociado con la alimentación, lo cual es factible de compararse con otros registros de variabilidad ambiental. El objetivo de este trabajo es determinar la ontogenia alimentaria de *T. truncatus* en Laguna de Términos, Campeche y las costas de Yucatán y Quintana Roo utilizando valores de #13C y #15N en colágeno dental y, a partir de estos datos, reconstruir series de tiempo de 2010 a 2016 para cada área de estudio. Mediante el conteo las capas de crecimiento en los dientes, se determinó la edad de 36 delfines varados. Con un microtaladro de alta resolución, se hizo un sub-muestreo sistemático desde la capa prenatal hasta la más cercana a la cavidad pulpar para los análisis isotópicos y la reconstrucción de las series de tiempo. Se obtuvieron 96 muestras de Grupos de Capas de Crecimiento (GCC) bianuales, representativos de la ontogenia de cada individuo. Nuestros resultados muestran que, para todas las áreas estudiadas, los valores de #15N oscilan entre 10.4 y 13.9‰ y -8.0 y -14.4‰ para #13C. Los #15N más positivos y #13C más negativos se presentan en la capa prenatal, evidenciando la alimentación por transferencia materna. En contraste, los valores de #15N de los juveniles fueron los más bajos con respecto a los demás estadios ontogénicos, resultado de cambios en la dieta. Considerando las diferentes áreas, no se encontraron diferencias significativas entre sexos, aunque las hembras consistentemente, presentaron valores de 2‰ más positivos de #13C asociados a hábitats más costeros. Aunque los organismos provienen de hábitats presumiblemente diferentes en la escala espacial de la península de Yucatán, el #15N no presentó diferencias significativas entre las zonas estudiadas. Sin embargo, el #13C sí presentó diferencias significativas con

valores hasta 4‰ más positivos para el área de Quintana Roo, posiblemente por influencia del drenaje carbonatado de los sistemas cársticos hacia la zona costera. Adicionalmente, en el año 2012, se detectó un consistente incremento de 3‰ #15N en todos los delfines independientemente del área. Estos resultados sugieren la influencia de un fenómeno de mesoescala que afectó la península de Yucatán entera desde la base de la trama trófica. La utilización de series de tiempo de #13C y #15N en tejidos inertes de depredadores tope para relacionarla con otros registros ambientales (núcleos de sedimento, imágenes satelitales, registros biológicos) permite identificar modificaciones en el flujo de energía (C y N) y asociarlos a fenómenos tanto naturales como antropogénicos.

SE13-56 CARTEL

**CONECTIVIDAD SUPERFICIAL DE PERDIDO A
PARTIR DE DATOS LAGRANGIANOS REALES**

Rodríguez Outerelo Javier y Pérez Brunius Paula

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
outerelo@cicese.mx

Con el objetivo de conocer la conectividad superficial de 3 regiones de Perdido (costera, intermedia y profunda) con el resto del Golfo de México, se han utilizado los datos horarios de un registro histórico de boyas de deriva desde junio del 1993 hasta junio de 2017. El área de estudio se dividió en 12 regiones costeras, 12 regiones intermedias y 2 regiones correspondientes a la planicie abisal. Los resultados demuestran que la región de Perdido posee una capacidad de retención que como máximo es de 35% a partir de 10 días tras el lanzamiento de las boyas. Los tiempos de residencia en promedio varían entre 4 días para la región costera, y 6.5 para la intermedia. La conectividad con regiones costeras se produce predominantemente en dirección norte, con las regiones frente a la costa de Texas y Luisiana, con porcentaje de boyas que oscilan entre 5 % a los 5 días y el 50 % tras 50 días. La región correspondiente a la plataforma abisal al oeste de 90°W actúa como sumidero principal de boyas tras el primer día, albergando como máximo al 50% de las boyas. La conectividad con las regiones al sur de Perdido fue baja, con porcentajes que no exceden del 10 % independientemente del tiempo transcurrido. Las regiones de Perdido no tienen conectividad con las regiones costeras alrededor de la península de Yucatán ni con las regiones frente a la península de Florida, a escalas de tiempo de 50 días. Por último, se presentará una comparación entre los resultados obtenidos con la base de datos histórica con los obtenidos a partir de boyas de deriva lanzadas durante 3 campañas realizadas en junio de 2016, octubre de 2016 y abril de 2017.

SE13-57 CARTEL

**COMPOSICIÓN DEL ZOOPLANCTON DE
AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO
DURANTE SEPTIEMBRE 2015 Y JUNIO 2016, CON
ÉNFASIS EN SALPAS Y ANFÍPODOS HIPÉRIDOS**

Hereu Clara Maria, Batta Lona Paola G., Galindo

Sánchez Clara Elizabeth y Arteaga Uribe María Clara

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
clarahereu@hotmail.com

El zooplancton es un componente clave en la transferencia de energía desde los productores primarios a los consumidores, y es de esperarse que cambios en sus poblaciones repercutan en el resultado de las interacciones entre los miembros de la trama trófica. En este trabajo caracterizamos la comunidad de zooplancton (excluyendo ictioplancton y protistas) del Golfo de México (GM) con énfasis en anfípodos hipéridos y salpas, durante dos cruces XIXIMI (X04, Agosto-Septiembre 2015 y X05, Junio 2016). Las muestras de zooplancton fueron obtenidas en lances estandarizados (lance oblicuo red bongo entre 0 y 200 m de profundidad; luz de malla de 333 µm). La abundancia promedio de organismos al interior del GM fue mayor durante X04(199,729 ind. 1000 m-3) comparado con X05 (112,005 ind. 1000 m-3). Los picos de abundancia fueron más pronunciados en estaciones al sur de la Bahía de Campeche (BC) en X04, mientras que en X05 fueron menos variables. Los copépodos dominaron ampliamente, con una abundancia relativa (AR) creciente al interior del GM (44 a 75 %) y en promedio menores (44 a 71 %) en el canal de Yucatán. La AR de los demás grupos de zooplancton no presentó diferencias marcadas, excepto por una mayor presencia de larvas de invertebrados (principalmente briozoos) en X04 y de cladóceros en X05. Los quetognatos, sifonóforos y ostrácodos siguieron a los copépodos en AR, mientras que anfípodos y salpas juntos comprendieron menos del 2% del zooplancton. La abundancia de estos dos grupos se relacionó positivamente. Los mayores picos estuvieron al sureste de la BC, en la estación G44, con valores de 9327 y 8228 ind. 1000 m-3 para anfípodos y salpas, respectivamente. Los anfípodos estuvieron representados por 14 familias, 26 (X04) y 10 (X05) géneros y 33 (X04) y 40 (X05) especies. Las salpas (Familia Salpidae) comprendieron 5 géneros y 8 especies en X04, y 6 géneros y 9 especies en X05. La riqueza de especies fue mayor en X05. Las especies encontradas corresponden al 50 y 56 % de las especies de anfípodos y salpas reportadas para el GM, respectivamente. El anfípodo *Lestrigonus bengaleis* predominó en las estaciones de X04 mientras que *Anchylomera blossvillei* y *Primno* sp. (juveniles) en X05. La salpa dominante en ambos cruces fue *lasis cylindrica*, seguida de *Thalia* sp., exceptuando el pico de *Ilhea punctata* en la estación G44 (X04). El GM es un sistema con características oligotróficas donde la dinámica del plancton está fuertemente controlada por los patrones de circulación. Complementaremos nuestro

estudio con el análisis de los parámetros ambientales durante ambos cruceros para una mejor interpretación de los patrones de distribución de zooplancton observados.

SE13-58 CARTEL

ESTUDIO DE LA INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS AL PASO DEL FRENTE FRÍO 33 (FEBRERO DE 2010)

Díaz García Ovel¹, Jurado de Larios Oscar E.¹, Zavala-Hidalgo Jorge², Contreras Ruiz-Esparza Adolfo² y Douillet Pascal³

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC

³Institut Méditerranéen d'Océanologie, Aix Marseille Université, IRD
ovel.diaz@atmosfera.unam.mx

En el presente trabajo se utiliza el modelo de mallas no estructuradas Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM), para estudiar la inundación por marea de tormenta en la Laguna de Términos (LT) al paso del frente frío 33 de finales de Febrero del 2010. La malla creada tiene alta resolución espacial (30 a 50 metros) en la zona interior de la LT, llegando hasta 10 km en el sur del Golfo de México (GoM). La resolución vertical es de 30 sigma generalizada. La malla incluye secciones sobre mar y tierra. Los datos de batimetría fueron obtenidos de diferentes fuentes, incluidas nuestras propias mediciones. Para la topografía se utilizaron los datos LIDAR del INEGI de 5 metros de resolución. El modelo FVCOM es forzado con flujos de momento y calor a partir de las salidas del modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Del modelo Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) recibe el forzamiento hidrodinámico y termohalino en las fronteras abiertas y en la condición inicial. Las componentes de la marea se extrajeron de la base de datos TPXO7.2. Se utilizan mediciones realizadas en la LT con sensores de Temperatura-Presión y correntímetros para comparar con las salidas del modelo FVCOM. Se hicieron varias simulaciones con diferentes combinaciones de los forzamientos, para evaluar la contribución de cada uno de ellos. El modelo mostró una buena comparación contra las observaciones con una correlación superior a 0.94 cuando se utilizan todos los forzamientos. El factor dominante en el área de estudio es la marea siendo esta modulada hacia el interior de la LT a través de las dos bocas que la conectan con el GoM.

SE13-59 CARTEL

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PARALARVAS (CEPHALOPODA) EN EL GOLFO DE MÉXICO DURANTE EL VERANO DE 2015

Goulart da Silva Renata Maria¹, De Silva-Dávila Roxana²,
Echeverri García Laura del Pilar¹ y Herzka Llona Sharon Zinah¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-IPN
rgoulart@cigom.org

Los cefalópodos son una clase de invertebrados marinos con gran importancia económica y ecológica. Algunos se caracterizan por presentar una fase planctónica en la parte inicial de su ciclo de vida conocida como paralarva. El conocimiento de la distribución y abundancia de las paralarvas es importante para el monitoreo y manejo sustentable de los cefalópodos como recurso pesquero, ya que la presencia de individuos con tallas <2mm LM es indicadora de áreas de desove o eclosión. Poco es conocido sobre las paralarvas de cefalópodos en el Golfo de México. El objetivo de este estudio es proporcionar información sobre la abundancia de paralarvas y su distribución espacial en la región sur del Golfo de México. Las muestras fueron recolectadas entre agosto-septiembre de 2015 durante la campaña oceanográfica XIXIMI-04 con la utilización de una red bongo con malla de 335µm en arrastres oblicuos hasta una profundidad de 200m. Se encontró un total de 294 paralarvas distribuidas entre 54 estaciones. Comparados con otros grupos del zooplancton, los cefalópodos presentaron baja abundancia con un promedio de 26.34 ± 21.48 individuos/1000m³. La mayor abundancia de paralarvas fue encontrada en las estaciones localizadas en la Bahía de Campeche (parte suroeste al sur de 22°N), lo cual es consistente con valores altos de productividad en esta zona. Se ha completado la identificación taxonómica del 83% de las paralarvas, donde la familia Eupoloteuthidae fue la más abundante. Este estudio aporta información de línea base sobre la diversidad, distribución y abundancia de paralarvas en la región de aguas profundas del Golfo de México.

SE13-60 CARTEL

ESTACIONALIDAD Y EVENTOS EXTREMOS DEL OLEAJE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Navarro René y Osuna Pedro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gnavarro@cicese.edu.mx

Se determinaron las condiciones dominantes y extremas del oleaje en el Golfo de México con resultados del modelo de oleaje WAVEWATCH III para el período de 1979 a 2009 (30 años). Los resultados de la implementación están altamente

correlacionados, por encima de 0.95, y presentan un bajo error cuadrático medio, por debajo de 0.3 m, con respecto a datos históricos de boyas. A lo largo del golfo se observan periodos de ola de tres a cuatro segundos y solo durante invierno se observan valores por encima de cinco segundos al este de la cuenca y en la región del Caribe. La región noreste del golfo y la cercana al Caribe presentan las alturas significantes mas grandes a lo largo del año. En promedio, durante los meses de invierno se presentan las alturas de ola y los periodos mas largos en todo el golfo; los valores mas bajos se presentan durante verano. La distribución de probabilidad para valores extremos es mayoritariamente exponencial con colas largas a lo largo de todo el golfo. En la región cercana a Campeche y Florida se obtuvieron formas exponenciales convexas lo que concuerda con la ubicación de los valores más grandes de altura significativa. Los pronósticos para los periodos de retorno de 1 a 60 son de 4 a 10 m de altura significativa, mismos que están concentrados en la región cercana a Florida y que en conjunto representan cerca del 60 % de los valores extremos en esta zona. Los periodos de 70 a 100 presentan valores máximos en las costas de Tamaulipas, Florida y Caribe mexicano, con alturas de hasta 14 y 16 m, presumiblemente debido a la trayectoria de huracanes tropicales.

Sesión especial

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN LAS GEOCIENCIAS

Organizadores:

Alejandro Hinojosa
Ernesto Tonatiuh Mendoza Ponce
Rodolfo Rioja Nieto
Sergio Arregui

SE14-1

DRONES ¿COMPETENCIA O COMPLEMENTO?

Reyes Escojido José Juan
Comisión Federal de Electricidad, CFE
jose.reyes18@cfe.gob.mx

A lo largo de la historia siempre han surgido innovaciones tecnológicas que se ponen de moda argumentando que es la solución en torno a algún problema. Tal es el caso de la topografía que iba a ser sustituida por la fotogrametría y esta a su vez iba a ser sustituida por la fotogrametría satelital, o el LiDAR que sustituya a la topografía y fotogrametría. Ahora toca el turno a los DRONES, RPAS, UAS, VANT's o como le quieran llamar. Particularmente el termino DRONE ha sido acuñado en Estados Unidos y tiene una connotación 100% militar. Al hablar de fotogrametría en Europa prefieren denominarlo UAS (Unmanned Aerial System) Sistema Aéreo no Tripulado, ya que consideran que se trata en realidad de un sistema fotogramétrico aerotransportado, que consta principalmente de la aeronave no tripulada, el GPS y el sensor. Es de sobra enumerar las ventajas que ofrece en el área de la fotogrametría esta tecnología, súper resolución de imágenes aéreas, mapeo de áreas inaccesibles, productos cartográficos confiables y lo principal se reduce el riesgo de pérdidas humanas por accidentes aéreos. Sin embargo, como es de esperarse esta tecnología también tiene sus desventajas y algunas son bien conocidas en el ámbito de la fotogrametría y la geodesia: el enlace vía satélite puede ser hackeado en tiempo de guerra, influencia en su funcionamiento por los fenómenos físicos, capacidad de vuelo limitada, cubrimiento de zonas pequeñas, falta de personal técnico con experiencia para generar y evaluar la calidad de los productos cartográficos elaborados con esta tecnología. También hay algunas cuestiones éticas que no debemos dejar pasar por alto, comercialización no controlada, pudiendo ser adquiridos por personas de dudosa ética, algunas personas pueden ser grabadas y fotografiadas de forma ilegal, tanto en espacios públicos como privados, lo cual constituye una seria amenaza a la privacidad. Durante la sesión plenaria en el evento de INTERGEO 2015 en Stuttgart, Ola Rollén CEO de Hexagon, dijo a la audiencia: "Los políticos responsables de hacer las leyes son el problema, no la industria". La falta de fondos si lo es (CEO de Trimble). De la película DRONE (Noruega 2014) estrenada a principios de 2015... "Este es solo el comienzo. En medio del acelerado avance de la tecnología y la legislación internacional rezagada la película muestra cómo los drones cambian las guerras y posiblemente nuestro futuro."

SE14-2

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS DE BAJO COSTO PARA EL CÁLCULO DE VOLÚMENES

Reyes Escojido José Juan
Comisión Federal de Electricidad, CFE
jose.reyes18@cfe.gob.mx

En la actualidad existen una gran cantidad de aplicaciones de los drones en muchas actividades diarias, los hay desde equipos de emergencia, taxis aéreos y terrestres, seguridad, tácticas de guerra, entregas a domicilio etc. En esta ocasión nos enfocaremos en la aplicación en topografía. Los avances tecnológicos en el ambiente cartográfico han rebasado por mucho las expectativas de crecimiento potencializados principalmente por los avances electrónicos/computacionales. Por ejemplo, hace unos años la principal problemática a la que nos enfrentábamos era a la limitada resolución de los sensores ópticos. Actualmente la resolución ya no es un problema, ahora nos enfrentamos al problema de espacio en almacenamiento de datos y capacidad de los equipos de cómputo para procesamiento. Imágenes digitales cada vez con mayor resolución espacial y espectral, nubes de puntos (LiDAR) que demandan una capacidad de almacenamiento que se incrementa cada vez más, así como los recursos de procesamiento (hardware y software). Adicionalmente, La implementación de los Sistemas Aéreos no Tripulados, comúnmente llamados Drones en el ámbito topográfico es cada vez más común en nuestros días. Los hay desde los más sofisticados hasta los más simples, grandes y pequeños, costosos y económicos, de ala fija y de rotor, entre otras. En este trabajo se mostrarán resultados sorprendentes desde el punto de vista de la calidad de la información topográfica obtenida a partir de un Sistema Aéreo no Tripulado de bajo costo para el cálculo de volúmenes y comparado contra volumen obtenido a partir del levantamiento topográfico directo realizado con equipos GNSS en la modalidad RTK.

SE14-3

USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

Cruz Pliego Miguel Ángel
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
miguelangel@cenapred.unam.mx

La tecnología geoespacial brinda diferentes insumos, los cuales son utilizados en la toma de decisiones de cada una de las etapas de la Gestión Integral del Riesgo

(GIR), siendo las imágenes satelitales las más comúnmente utilizadas. Sin embargo, México no cuenta actualmente con satélites propios con fines de observación de la Tierra, por lo que el acceso a éstas muchas veces es limitado y costoso, sobre todo porque los distribuidores de las mismas son empresas privadas, con fines de lucro. Aun cuando en algunos casos pudiera contarse con la adquisición de estas imágenes, no es posible garantizar su utilidad en las diversas etapas de la GIR ya que en muchas ocasiones es difícil programar su adquisición, presentándose un desfase temporal con respecto al acontecimiento de un evento o de nubosidad en la imagen, limitando su análisis. Debido a lo anterior, se tiene la necesidad de utilizar tecnologías espaciales alternas que permitan obtener información geoespacial y temporal confiable y precisa. Una de estas tecnologías, la cual está teniendo un gran auge dentro del campo de la investigación, es el uso de los Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT), que por su bajo costo, excelente resolución espacial en las fotografías y Modelos Digitales de Superficie (MDS), hasta de 15 cm por pixel, la rapidez con la cual se puede obtener la información, así como la serie de insumos que genera, resulta factible utilizarla en las diversas etapas de la GIR: Identificación de los riesgos; previsión; prevención; mitigación; preparación y atención de la emergencia; recuperación; reconstrucción; evaluación e incorporación de las experiencias. La importancia de que los servidores públicos de la Protección Civil (PC) estén a la vanguardia en el uso de los VANT se debe a que cada vez se mejora su tecnología, se bajan sus costos y consecuentemente se hace accesible al público en general. De ahí la importancia que los encargados de la PC sean aquellos que generen los protocolos para su uso en este ámbito, de lo contrario cualquier persona podría generar falsas alarmas o emitir falsos juicios sobre las amenazas y vulnerabilidad de la población, ocasionando temor y reacciones de pánico por parte de los posibles afectados. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) ha venido utilizando durante los últimos dos años la tecnología VANT en las diferentes etapas de la GIR, detectando la necesidad de generar los protocolos de su uso en el ámbito de la PC, a partir tanto de la teoría como de la experiencia. El objetivo del la presentación es compartir las experiencias que ha tenido el CENAPRED en el uso de VANT en cada una de las diferentes etapas de la GIR así como la necesidad de generar los protocolos de su uso en este mismo ámbito, con las Unidades Estatales de Protección Civil.

SE14-4

ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE UNA ORTOFOTO CONSTRUÍDO CON NUBE DE PUNTOS DE IMÁGENES OBTENIDAS DE UN DRONE AEREO

Aguilar Villegas Juan Martin, Trejo Soto Manuel E. y Arana Medina Anibal Israel
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
a_villegas@uas.edu.mx

El crecimiento poblacional conlleva el incremento de necesidades a cubrir en una gran cantidad de rubros, principalmente en vivienda y alimentación, dos de los requerimientos básicos del ser humano. Esto obliga, al mismo tiempo, a buscar nuevas y mejores alternativas para resolver dicho problema. Por ello, el desarrollo tecnológico alcanzado día a día, nos proporciona nuevas herramientas para ayudarnos en dicha tarea. Así, la obtención de la información territorial con tecnología de punta es cada vez más expedita, lo que permite tomar decisiones rápidamente para el uso y la administración de nuestros recursos. Un caso particular es el uso de los Drones en diversos campos de estudio necesarios para el desarrollo mismo, como lo son la agricultura, minería, las vías de comunicación, la hidrología, centro de población, etc. Sin embargo, la información es de mayor utilidad en cuanto más precisa sea, por lo que se hace necesario conocer realmente la exactitud de los datos que nos proporcionan los diferentes equipos, como es el caso de los drones aéreos. Por lo anteriormente expuesto, se presenta el caso particular de estudio de la precisión geográfica de una Orto foto, construido con las imágenes digitales aéreas obtenidas con una cámara Sony DSC-RX1R desde el Vehículo Aéreo no Tripulado de Ala que pertenece a la serie GeoScan, mismo que realizo un foto levantamiento en una zona urbana de la ciudad de Culiacán Sinaloa. El procesamiento fotogramétrico de las imágenes se realizó con el software Agisoft FotoScan V 1.3.1, mediante el método de enlace fotogramétrico directo para la generación de la Nube de Puntos Densa. Dada la resolución geométrica de la cámara digital empleada que es de 24 mp, se especifica que la precisión de las coordenadas en la orto foto sea del orden de los centímetros, por lo que se hizo necesario el empleo de receptores de precisión del sistema de posicionamiento global (GPS), para determinar las coordenadas con mayor precisión de una red de puntos sobre la superficie del terreno, distribuidos en la zona de cubrimiento del levantamiento fotográfico aéreo. Estos mismos fueron seleccionados y medidos primeramente en la orto foto generada. Finalmente se realiza el análisis matemático comparativo de las coordenadas y se obtiene el valor del error medio cuadrático de los valores obtenidos en la orto foto.

SE14-5

SEGMENTACIÓN Y CLASIFICACIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE PLANOS DE DISCONTINUIDAD EN SUPERFICIES DE ROCA USANDO VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Macías-Medrano Sergio¹, Mancera Alejandro Javier¹, Hernández-Espriú Antonio¹, Arias-Paz Alberto¹, García-Peregrina Brenda², Sandoval-Salas Alejandro² y Alvarado-Velázquez Olaya²

¹Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM
sergioenrique@gmail.com

Se presenta una metodología sistematizada para segmentar y clasificar semiautomáticamente planos de discontinuidad y fracturamiento en superficies de roca, por medio del análisis de nubes de puntos capturadas con vehículos aéreos no tripulados (VANT) de bajo costo. Discutimos una metodología de adquisición que permite obtener fotografías deseables, que sirven para configurar superficies tridimensionales de roca, como laderas, taludes y afloramientos, para su posterior análisis estructural. Proponemos lo siguiente: (1) análisis de parámetros fotogramétricos como punto de partida, (2) realización de un vuelo nadir para conocer la geometría de la superficie de roca y planificar un posterior vuelo oblicuo, (3) extracción y configuración de la nube de puntos, utilizando la herramienta Photoscan, (4) procesamiento básico de la nube de puntos usando la herramienta CloudCompare, (5) segmentación y extracción semiautomática de planos de discontinuidad, usando herramientas abiertas programadas en Matlab, previamente desarrolladas por otros autores, y (6) validación usando mediciones manuales puntuales con brújula y apps en dispositivos móviles. Particularmente discutimos con base en un análisis de sensibilidad, la variabilidad de resultados estructurales usando diferentes esquemas de adquisición y procesamiento, por ejemplo, variando las distancias horizontales y verticales de vuelo, densidades de la nube de puntos y resoluciones fotogramétricas, entre otros parámetros. Mostramos la metodología en diversas superficies de roca en Ciudad Universitaria y Zacatecas, en ignimbritas y basaltos, capturadas con un dron Phantom 4.0. Los resultados sugieren que las mediciones semiautomáticas aumentan en varios órdenes de magnitud la densidad de datos estructurales de los planos de discontinuidad, con respecto a las mediciones manuales que comúnmente se levantan en afloramientos. Adicionalmente, la precisión de los rumbos y echados es muy alta, lo que permite optimizar la adquisición de datos estructurales en superficies de roca, de una manera rápida y costo-efectiva. Este estudio está siendo financiado gracias al proyecto grupal PAPIIT IV 100117, realizado entre el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE14-6

ENSAMBLE DE MEDICIONES GEOESPACIALES Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL PARA APLICACIONES DE DESLIZAMIENTOS DE TERRENOS

Villalpando Fermín, Tuxpan Vargas José y Ramos-Leal José Alfredo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
fermin.villalpando@ipicyt.edu.mx

El fenómeno de deslizamientos de terreno es un evento cuya ocurrencia puede causar severos daños a la población y medio ambiente, estos eventos suceden por influencia de múltiples factores de origen i) natural como pendientes, inestabilidades propias del terreno, así como por la influencia de la dinámica geológico-atmosférica, y ii) por actividades antropogénicas como deforestación, alteración de drenajes naturales, excavaciones y modificación de pendientes. Debido a su naturaleza multicausal los deslizamientos de tierra poseen un comportamiento complejo dificultando las tareas de caracterización y predicción de eventos, los cuales de ocurrir pueden provocar pérdidas humanas, ambientales y cuantiosos daños materiales y económicos. En este trabajo nos enfocamos al estudio y caracterización de deslizamientos de tierra con propiedades de movimiento complejo integrando en una estructura la información recopilada mediante técnicas geofísicas/geológicas convencionales y la obtenida a través de fotogrametría digital de alta resolución adquirida por vehículos aéreos no tripulado (UAV). Mediante la metodología, se obtiene un modelo tridimensional (representado como una nube densa de puntos) de una escena real (sitio/zona de interés a monitorear) caracterizado con los atributos geológicos específicos del sitio a estudiar, permitiendo continuar con procesos posteriores de simulación y recreación de escenarios hipotéticos para identificar las circunstancias y variables necesarias que desencadenen un evento de deslizamiento; así como la cuantificación de sus posibles afectaciones. Como sitio de prueba de nuestra metodología elegimos el sitio de Ahualulco, en San Luis Potosí México, debido al tipo de desplazamiento complejo que presenta.

SE14-7

USO Y APLICACIONES DE SIG Y VANT EN EL ANÁLISIS DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTOS DE LADERA: CASO COLONIA RUFFO FIGUEROA, TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaeli¹, Pérez Gutiérrez Rosalva¹ y Durand Maya Rafael²

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

²Secretaría de Protección Civil del Estado de Guerrero
zhaeron@gmail.com

En la Colonia Ruffo Figueroa, ubicada al noreste de la ciudad de Taxco de Alarcón, se llevó a cabo la valoración de posibles zonas de riesgo por fenómenos de inestabilidad de laderas a partir de reconocimientos en campo, análisis fotogramétrico de imágenes obtenidas por un VANT y ensayos de tipo PANDA. La zona se encuentra caracterizada por presentar un relieve accidentado, dominado por montañas fuertemente disectadas, además de mesetas delimitadas por escarpes, con una pendiente variable entre 38 y 42 grados; y depósitos de talud asociados. Las unidades litológicas que afloran en el área corresponden a: 1) rocas sedimentarias (conglomerado de grano fino, arenas gruesas y limolitas), dispuestas en capas delgadas. 2) domo riolítico con estructura laminar y de flujo, resistente a los procesos erosivos pero intensamente fracturada por la influencia de por lo menos tres sistemas de fallas. 3) depósito de talud, formado por fragmentos de roca cuyo tamaño varía de 0.10 hasta 15 metros cúbicos, de forma prismática, definida por la intersección de los distintos sistemas fallamiento. Los fragmentos se encuentran incluidos en una matriz granular, que es fácilmente erosionada por el agua. Los análisis tipo PANDA evidencian suelo blando con resistencia media, entre 15 y 20 Mpa, fácilmente removible si es expuesto a agentes erosivos. A partir de las imágenes obtenidas del VANT, se generó un MDT para identificar las geoformas asociadas a las unidades litológicas, especialmente las relacionadas al depósito de talud y los domos. El rasgo de mayor relevancia asociado a deslizamientos de ladera en desarrollo, lo constituyen dos coronas evidenciadas por grietas o fracturas, con desplazamientos horizontales y verticales centimétricos, ambas localizadas en la parte topográfica inferior de la Colonia. En las zonas topográficamente altas se encuentran árboles cuyos troncos se inclinan a favor de la pendiente, lo que hace evidente un movimiento, lento pero constante, del suelo en el que están creciendo. Por otro lado, los colonos han realizado cortes verticales (de hasta 12 metros de altura) en el terreno, en los que se aprecia la mala calidad del material, y hay viviendas que se han construido sobre o en la parte inferior de bloques fracturados de gran tamaño. Los rasgos identificados a lo largo de la Colonia Ruffo Figueroa son la manifestación de movimientos de material en la ladera. La amenaza está determinada por la pendiente del terreno y la variabilidad del peso del material, en función de la humedad; por lo que, difícilmente se mantendrá en equilibrio en zonas donde la pendiente alcanza hasta 40 grados de manera natural y donde es cercana a la vertical, como en los retajes para desplantes.

SE14-8

LA INESTABILIDAD DE LADERAS A FUTURO Y LOS VANTS COMO ESTRATEGIA DE PLANEACIÓN URBANA EFICIENTE

Yépez Rincón Fabiola D.¹, Castañeda Vázquez Román², Ramírez Serrato Nelly Lucero³, Ferriño Fierro Adrián Leonardo³, Guerra Cobián Víctor Hugo³ y Cavazos González Ricardo Alberto³

¹Facultad de Ingeniería Civil, Cuerpo Académico de Ciencias del Agua, UANL

²Teebcon Servicios, Ingenierías y Proyectos, S.A. de C.V.

³Facultad de Ingeniería Civil, UANL
fabiola.yopez@gmail.com

Las alteraciones en los patrones de climáticos regionales han afectado los niveles de precipitación y temperatura de la Cuenca del Río Santa Catarina (CRSC). Esta contribución busca establecer una metodología para utilizar Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) en las zonas identificadas con mayor riesgo por inestabilidad de laderas para los próximos 80 años. Se realizó una zonificación por inestabilidad de laderas de acuerdo con las diferencias en la precipitación que el cambio climático tendrá en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), para lograrlo se utilizó un modelo SIG de suma ponderada, en el cual se evaluó la precipitación como factor detonante de la inestabilidad de laderas, el modelo aditivo consideró factores topográficos, ambientales y geológicos. El resultado del SIG determinó las zonas dentro del AMM que tienen mayor susceptibilidad a sufrir remoción de masas (inestabilidad de laderas). La regionalización de los escenarios de cambio climático se creó aplicando una técnica downscaling o regionalización de escenarios a nivel de estación meteorológica utilizando el generador estocástico LARS-WG. Se utilizaron datos del INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático), con RAE (Método de Fiabilidad de Ensamble Ponderado) bajos los escenarios de cambio climático de Representative Concentration Pathways RCP4.5 y RCP8.5 en los horizontes futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) con 30"x30" de resolución y los comparó con respecto al escenario base 1961 – 2000. Gracias a éste modelo de escenarios, hoy se conoce dónde y cómo cambiarán los rangos de precipitación (mm) en el CRSC para los próximos 80 años. Al incluir los datos censales del Instituto Nacional de Geografía y Estadística 2015, se determinaron áreas con mayor riesgo por inestabilidad de laderas en el AMM tanto, para la población y la infraestructura urbana. La creciente problemática ocupación de las laderas urbanas y la carencia de una planeación urbana estratégica eficiente hacen que la temática de este trabajo proponga una solución actual y oportuna. Dos

polígonos de 5 Ha con alto riesgo por inestabilidad de laderas de acuerdo con el escenario de cambio climático RCP 8.5 se monitorean con un VANT para localizar cambios en su morfología 3D. Con las imágenes aéreas de alta resolución se obtiene la información de los techos, estructuras y tipos de vivienda permitiendo asignar una categoría de riesgo más específica para la población e infraestructura.

SE14-9

ANÁLISIS MULTITEMPORAL APLICANDO TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE CAMBIOS EN AMBIENTES VIRTUALES URBANOS/SEMI-URBANOS

Almanza Tovar Oscar, Guadalupe, Tuxpan Vargas José y Ramos-Leal José Alfredo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
 oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

En años recientes, el uso de drones ó UAV's permitió explorar un amplio abanico de nuevas posibilidades en diversas áreas del conocimiento. En el caso de las geociencias en actividades relacionadas con el diagnóstico, supervisión, identificación y monitoreo de la tierra es posible utilizar estas plataformas aéreas para sensar características y atributos de las diferentes estructuras terrestres, tanto naturales como artificiales. En este trabajo se presenta una metodología basada en la técnica "change detection" aplicada a ambientes virtuales urbanos en formato 2D y 3D. Los escenarios virtuales fueron recreados mediante estereoscopia y fotogrametría digital a partir de imágenes de alta resolución adquiridas por un dron. El área de estudio/prueba para el análisis espacio-temporal fue entre los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes en el estado de San Luis Potosí. Esta zona fue seleccionada debido a i) su alto crecimiento industrial consecuencia de las dos armadoras automotrices que alberga y ii) al impacto en el cambio uso de suelo alterando las capacidades de infiltración, escurrimiento, evapotranspiración, entre otras. La información adquirida (imágenes aéreas) se obtuvo mediante una cámara óptica del rango visible acoplada a un dron multirrotor. La resolución espacial fue de ~2 cm y una resolución temporal de ~30 días, durante un periodo de un año de evaluación. Los resultados obtenidos muestran la tasa de cambio y una clara variabilidad sufrida en el paisaje a consecuencia de la expansión urbana/industrial, permitiendo se pueda evaluar el impacto ambiental en la zona y a su vez establecer metodologías optimizadas enfocadas a la planeación y desarrollo urbano.

SE14-10

REVELANDO SUBSIDENCIA EN UNA COLONIA DE LA CIUDAD DE TIJUANA A TRAVÉS DE NUBES DE PUNTOS 4D

Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio y Mendoza Luis
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 alhinc@cicese.mx

La ciudad de Tijuana, Baja California ubicada en la esquina noroeste de México es parte de una conurbación binacional que abarca la ciudad de San Diego, California, Estados Unidos. La población combinada de la región es de aproximadamente 5 millones de acuerdo con la información del censo de 2010 tanto de los EE.UU. y México. La población de Tijuana es cercana a 1.6 millones. Entre los temas de preocupación figuran el rápido crecimiento de la población, la expansión de la industrialización y la urbanización incontrolada durante los últimos 50 años, especialmente en la parte mexicana. Hay un crecimiento caótico de la expansión urbana en la ciudad de Tijuana, generando asentamientos irregulares en áreas no aptas que eventualmente son "regularizadas" con la introducción de servicios públicos por parte de las autoridades municipales. Los deslizamientos urbanos en las laderas de los cañones de Tijuana son un proceso recurrente y bien estudiado. El común denominador es la presencia de fallas, en rocas poco consolidadas y laderas con pendientes pronunciadas. El riesgo geológico aumenta con la carga de la construcción y las fugas en los sistemas de agua y alcantarillado. En varias partes de la ciudad, las casas se deslizan por las laderas sin necesidad de una lluvia torrencial desencadenante o un terremoto de tamaño mediano. En este trabajo presentamos la componente Z de un deslizamiento en la ciudad de Tijuana a través de la comparación de dos reconstrucciones 3D espaciadas por 65 días. El derrumbe ocurrió en la colonia Sánchez Taboada de la ciudad de Tijuana. Comenzó en junio de 2015 y expandió progresivamente la zona afectada en un efecto dominó. Las nubes de puntos 4D producto de la reconstrucción fotogramétrica, estimaron la magnitud y delinearón la extensión del hundimiento ocurrido entre el 11 de febrero y el 27 de abril de 2016. La distancia de nube a nube detectó la hundimiento y la demolición o desmantelamiento de algunas viviendas después del desalojo en febrero de 2016. Se utilizó el mismo equipo en los dos levantamientos aéreos, dron de ala fija (eBee) y apoyados con puntos de control terrestre ubicados con GPS. La fotogrametría por dron a demostrado ser una herramienta viable y rentable para estudiar los deslizamientos de tierra.

SE14-11

ESTUDIO DE LÍNEA DE COSTA DEL PARQUE NACIONAL CABO PULMO

Trasviña Castro Armando y Carlos Trasviña Daleth
Unidad La Paz - CICESE
 trasvi@cicese.mx

El Parque Nacional Cabo Pulmo se encuentra en Baja California Sur en la región conocida como Cabo del Este. Es una reserva natural que ha tenido un gran éxito en la conservación de sus ambientes arrecifales. Sin embargo presentan problemas agudos de erosión costera. El presente estudio se realizó en el Laboratorio SERVANT de la Unidad La Paz, con apoyo del CONACYT, de la Comunidad de Cabo Pulmo y de la Sociedad de Historia Natural Nipará AC. Su objetivo es describir el movimiento de arena dentro del parque y proponer medidas para su manejo y conservación. Con este propósito realizamos levantamientos territoriales entre marzo de 2016 y marzo de 2017 capturando fotografías aéreas de baja altura. Usamos software de aerofotogrametría para generar orto-mosaicos y modelos digitales del terreno. En este trabajo presentamos los cambios que documentamos en las diferentes playas, evidencia de cambios de dirección en el transporte litoral y los patrones de acumulación y erosión en las playas del parque.

SE14-12

FOTOGRAMETRÍA A PARTIR DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE BAJA ALTURA PARA EL MONITOREO DE UN CORDÓN DE DUNAS

Carlos Trasviña Daleth y Trasviña Castro Armando
Unidad La Paz - CICESE
 dmct_56@hotmail.com

Playa Tinajas se ubica dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo, al sur del poblado Cabo Pulmo. Se caracteriza por ser una playa arenosa delimitada por dos salientes rocosos con la presencia de dunas semiestables cuyas crestas presentan vegetación. El cordón de duna de dicha playa ha sufrido constantes cambios por efectos de oleaje y viento. Su retroceso ha generado un cambio en la composición sedimentaria de la playa ya que la erosión expone estratos antiguos de cantos rodados y los distribuyó a lo largo de la costa. El presente estudio tiene como objetivo la reconstrucción de un modelo 3D de dicha área a partir de fotografía aérea tomada desde VANTs con el uso de fotogrametría. Se generaron modelos base a alta resolución y georeferenciados que servirán para el monitoreo estacional de la zona. Presentamos cuatro registros fotográficos obtenidos en el 2016; marzo, abril, junio y julio, con ellos se construyeron modelos en 2D y 3D utilizando el programa fotogramétrico Agisoft Photoscan Pro.

SE14-13

MONITOREO DE LOS CAMBIOS DE LA LÍNEA DE COSTA CON EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Quijano Manzanilla Alvaro, Mendoza E. Tonatiuh,
 Esteban Jimenez Luis Angel y Gracia Barrera David
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 alvaro.quijano@axisima.com

La zona costera es uno de los entornos más dinámicos en la naturaleza, esta es modificada por procesos naturales y por cambios relacionados a las actividades antropogénicas. En este sentido es muy importante hacer un seguimiento de las afectaciones en la costa por estructura costeras para conocer la afectación del medio. En este sentido este trabajo propone hacer cuantificación del cambio de la línea de costa, aguas abajo de la escollera del puerto de abrigo en la playa de Sisal Yucatán, utilizando técnicas de fotogrametría digital, con imágenes obtenidas desde vehículos aéreos no tripulados (VANT). Se presenta la metodología seguida, desde obtener las imágenes, el proceso para conseguir el mosaico y la georeferenciación utilizando puntos de control, obtención de la línea de costa con la corrección por marea y una validación de los datos con datos GPS. Con las líneas de costa obtenidas, se pueden obtener tendencias de retroceso o acreción de la línea de playa con las cuales se pueden validar modelos los cuales sirven para predecir el comportamiento de la costa a futuro.

SE14-14

COMPARACIÓN ENTRE FOTOGRAMETRÍA CON DRON Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EQUIPO GPS DE UNA BARRA DE ARENA EN LA LAGUNA LA CARBONERA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

López González José y Mendoza E. Tonatiuh
Universidad Nacional Autónoma de México, LIPC-II-UNAM
 jlopezgo@ii.unam.mx

Se presenta una comparación de la topografía de una barra de arena situada en la bocana de la laguna la Carbonera en la península de Yucatán al norte de Mérida,

utilizando dos métodos diferentes, 1) topografía con equipo GPS, y 2) fotogrametría con Dron. El modelo digital del terreno obtenido a partir de fotogrametría ha sido comparado con perfiles topográficos. En el trabajo se presentan los métodos utilizados para su proceso y los ventajas y desventajas entre una y otra técnica. De los resultados obtenidos se concluye que existe una buena correlación entre ambos levantamientos, sin embargo existen discrepancias importantes en algunas zonas que nos indican que a pesar de que el levantamiento topográfico con Dron es mas eficiente en cobertura, para aplicaciones como la zona costera de cotas bajas; los resultados se deben tomar con ciertas reservas ya que pueden representar errores considerables especialmente en el cálculo de volúmenes

SE14-15

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA DE LAS COSTAS A TRAVÉS DE UN VANT

Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia y Kono Martinez Tadashi
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
amaia@uabc.edu.mx

La mayoría de las aplicaciones del uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) se centran en determinar rasgos morfológicos. Muchos trabajos costeros calculan posiciones de línea de costa, y en general, elaboran modelos de elevación digital que permiten caracterizar la morfología de diferentes áreas. Sin embargo, existen pocos trabajos que determinan las condiciones hidrodinámicas de las costas a través del uso de VANT. Este estudio muestra las capacidades de los VANT para identificar corrientes de retorno y caracterizar su geometría y variabilidad espacio-temporal. Estas corrientes suelen ser intensas, y en muchas playas, representan un peligro grave de ahogamiento de los usuarios. Con vuelos realizados con un VANT desde marzo hasta septiembre de 2017 se investiga la ubicación de corrientes de retorno en la playa de la Misión, Baja California. Los resultados de este trabajo esperan contribuir a la elaboración de modelos de predicción precisos de estas corrientes en playas.

SE14-16

ESTIMACIÓN DE CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN LA BARRERA ARENOSA DEL ESTERO SAN JOSÉ, B. C. S, MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA DIGITAL CON VANT

Rojas Silva Germán¹, Martínez Flores Guillermo² y Nava Sánchez Enrique Hiparco²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

²CICIMAR-IPN

ing.german.rojas@gmail.com

La zona costera es una franja de interacción entre el océano y el continente, donde la playa forma parte del límite de esta zona. Las playas se erosionan, acrecen o se mantienen estables dependiendo de las tasas a las que se suministra o retira el sedimento. El conocimiento sobre los patrones de erosión-transporte-depósito de una playa nos permite entender su morfodinámica. La barrera arenosa del estero San José ubicada en la desembocadura de la cuenca hidrográfica del mismo nombre, es una zona en la que la distribución del sedimento no se ha evaluado de forma cuantitativa. El objetivo de este trabajo es estimar los cambios morfológicos de la barrera modelando su esquema de erosión-transporte-acreción. Para ello, se llevan a cabo levantamientos fotogramétricos con resolución espacial de 4 cm, que se realizan trimestralmente durante un año. Los levantamientos topográficos se hacen a partir de fotografías aéreas obtenidas con un dron DJI PHANTOM 4. Las fotografías son sometidas a un proceso fotogramétrico digital para obtener nubes de puntos, a partir de las cuales se generan Modelos Digitales del Terreno (MDT). Para la medición de las condiciones iniciales se realizaron 5 vuelos, se georeferenciaron 83 puntos de control con un equipo GNSS diferencial y se procesaron 2,212 imágenes. El proceso de medición se sometió a un análisis estadístico para evaluar la precisión del levantamiento topográfico. Se realizó un levantamiento batimétrico cubriendo una franja de 1500 m desde la línea de costa en perfiles espaciados a 200 m. Posteriormente con los datos obtenidos se implementará el modelo XBeach el cual se validará con mediciones in situ. EL MDT resultado del levantamiento inicial será la base de comparación para las futuras mediciones que nos permitirán cuantificar los cambios volumétricos del sedimento que experimente la barrera.

SE14-17

DISEÑO DE PLANES DE VUELO PARA LEVANTAMIENTOS TERRITORIALES MEDIANTE UN VANT DE ALA FIJA

Torres Hernández María Yesenia¹, Trasviña Castro Armando², Payen Montoya Agustín¹ y Hinojosa Alejandro²

¹Unidad La Paz - CICESE

²Departamento de Geología, CICESE
jeseniathdz@gmail.com

La versatilidad, disponibilidad y fácil manejo de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o drones, los ha convertido en una gran herramienta para realizar levantamientos territoriales en el campo de la investigación de las ciencias marinas. Del 17 al 19 de junio de 2017 realizamos una salida a la Bahía de San Quintín, Baja California. El objetivo fue llevar a cabo un levantamiento territorial de los humedales

de pastos marinos. Esto forma parte del proyecto UC-MEXUS, Evaluación de la captura y almacenamiento de carbón por pastos marinos en la Bahía San Quintín, Baja California, México. Se utilizó un VANT de ala fija, tipo ala delta, perteneciente al grupo de Oceanografía Tropical del laboratorio SERVANT de la Unidad La Paz. En este trabajo se presenta la metodología de diseño de planes de vuelo, dependiendo del tipo de sensor, lente y características de vuelo. Todo esto para lograr el objetivo de generar ortomosaicos con software de aerofotogrametría. Presentaremos un ejemplo de un levantamiento territorial realizado con una cámara SONY Alpha 6000 con lente de 22 mm desde 250 metros de altura. Usamos el ala delta Manta X8 con autopiloto Panda 2 y software GCS5.24 para la planeación de las rutas.

SE14-18

SISTEMA DE VUELO CON VEHÍCULO AUTÓNOMO NO TRIPULADO (VANT) MANTA X8

Payen Montoya Agustín
CICESE Unidad La Paz
apayen@yahoo.com.mx

Derivado de las necesidades actuales en la utilización de drones aéreos, requeridos como plataformas para la instalación de cámaras, así como de sensores especializados para uso científico y de acuerdo a las necesidades puntuales de los estudios de línea de costa del CICESE Unidad La Paz, surge la necesidad de diseñar y construir un modelo de aeronave a escala, operado por señales de radio control, con capacidad de vuelo autónomo (despegue por lanzamiento en catapulta, y aterrizaje 100% autónomo). En este trabajo presentamos las características de integración del ala delta Manta X8. Hablaremos del detalle de sus subsistemas de comunicación de datos de telemetría y control para un alcance estimado de aprox. 15 kms. de radio, y 45 minutos de autonomía de vuelo con capacidad de una carga útil de .6 a .8 Kg. El Manta X8 incorpora un sistema autopiloto con navegación por waypoints con software propietario e interfase con Google Earth.

SE14-19

COMPRANDO UN DRON DE ALA FIJA

Gradilla Luis, Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio y Meillón Octavio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gradilla@cicese.mx

Cuando uno se aventura en el uso de drones para proyectos de mapeo y reconstrucción 3D, se tiene la incertidumbre de que equipo comprar: multi-rotor o ala fija? Cuáles son mis opciones con el presupuesto disponible? Además nos preocupa la posibilidad de perderlo. En el caso de pérdidas, el Wall Street Journal reporta que un 30% de los propietarios de drones han experimentado vuelos donde éstos se alejan sin control y que el 55% de ellos nunca lo recupera. En el año de 2013 iniciamos esta aventura en la División de Ciencias de la Tierra del CICESE, primero con equipos prestados y algunos de ellos sencillos pero efectivos como globos de helio, (helikytes). Nos iniciamos de manera formal con la adquisición de 2 multi rotores, posteriormente adquirimos otro de ala fija. Estos dos tipos de drones son complementarios cada uno tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo nos hemos inclinado por el uso de drones de ala fija para proyectos de mapeo de mayor envergadura. Se debe considerar como un sistema donde hay varios componentes, todos ellos muy importantes. Además del vehículo, el sistema de comunicaciones y herramientas para la planeación y seguimiento de misiones de vuelo. Otros factores importantes son la autonomía y obviamente el costo. El avance tecnológico es muy acelerado y cada día hay nuevas y mejores opciones. En esta plática queremos compartir nuestra experiencia tanto en la operación como en la selección de equipos de ala fija, para que nuevos posibles usuarios aprendan de nuestra aventura.

SE14-20

MODELO HÍBRIDO SFM-LIDAR PARA ESTUDIAR LA MORFOLOGÍA URBANA Y SU POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR

Yépez Rincón Fabiola D.¹, Zarazúa Morín María Elvira², Ferriño Fierro Adrián Leonardo³, Mancilla de la Cruz Yris Laura³, Navarro Cansino Ana Denise⁴, Cavazos González Ricardo Alberto⁵ y Guerra Cobián Víctor Hugo⁶

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Ingeniería Civil, Cuerpo Académico Ciencias del Agua

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Cuerpo Académico de Desarrollo de Materiales Ambientales

³Facultad de Ingeniería Civil, Programa PROVERICYT, UANL

⁴Facultad de Arquitectura, Programa PROVERICYT, UANL

⁵Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Cuerpo Académico Ciencias del Agua

⁶Facultad de Ingeniería Civil, Cuerpo Académico de Ciencias del Agua, UANL
fabiola.yepz@gmail.com

La población humana ha generado patrones de vida con altos consumos energéticos es por esto, que de todos los temas que aquejan a la sustentabilidad el consumo energético, es el más importante. Las ciudades generan emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) y otros gases, y se calcula que las áreas urbanas del mundo generan entre el 60 y 80% de emisiones de CO₂ (Kamal-Chaoui et al, 2009 citado por Centro Mario Molina). Las edificaciones y nuestra forma de vivir en ellas representan el 48% de la energía consumida, 40% debido a su operación y el 8% a su construcción.

La importancia de las energías alternativas ha ido abriéndose camino durante los últimos años, incluyendo la energía solar, la cual representa uno de los recursos más prometedores debido a su buena accesibilidad y distribución en el territorio. Uno de los retos respecto al uso de energía solar es evaluar su potencial y la capacidad de cubrir las necesidades con los sistemas fotovoltaicos actuales. Por otro lado, aunque las ciudades representan una importante fracción del consumo de energía, su capacidad para autoproducirse se encuentra subutilizada. La morfología de la ciudad permite superficies expuestas a una mayor insolación. Los techos urbanos por ser la superficies elevadas y generalmente planas reciben insolación directa por unidad de área, la cual varía dependiendo de la fecha del año, la hora del día, así como también de los cambios en el entorno (i.e. los cambios en alturas de los edificios y los nuevos edificios). Esta contribución evalúa dos grupos de datos en 3D adquiridos con tecnología LIDAR y SFM aéreo con el objetivo de evaluar el potencial de energía solar directa recibida por los techos en 100 Ha en San Nicolás Nuevo León en el 2010 y en 2015. Los objetivos particulares fueron: 1) obtener los niveles de radiación solar incidente de cada techo y 2) estimar el nivel de afectación de sombras por elementos. El análisis de energía solar determina una reducción del potencial, se realiza con el modelo de radiación solar y calculada en Wv/m². Los insumos para este proceso requieren de un modelo digital de superficie, la latitud del centro de la escena, el tamaño del cielo, y la fecha y hora que se desea acumular la insolación y parámetros de radiación como transmisividad y proporción difusa.

SE14-21

USO DE UAV EN ÍNDICE DE COMBUSTIBLE VEGETAL PARA ESTIMAR RIESGO DE INCENDIO EN LA COMUNIDAD DE ZAPOTENGO, OAXACA DESPUÉS DE INCENDIO Y DE TORMENTA TROPICAL BEATRÍZ Y CALVÍN

Ramírez Chávez Eduardo¹, Williams Jara Gerardo Manuel²,
Reyes Carreño Oscar Eliel¹ y Cruz García Alejandro¹

¹Universidad del Mar, UMAR

²CICIMAR

bmeduardo@msn.com

El estado de Oaxaca en 2017 ocupó el primer lugar de incendios forestales con alrededor de 164 incendios equivalentes a 26 mil 600 hectáreas (CONAFOR), en las regiones de la Sierra Sur, el Istmo, la Costa, la Mixteca y Valles Centrales. Los sistemas de alerta temprano y puntos de calor ayudaron a atender y prevenir áreas extensas, sin embargo, los puntos calientes a escala menor no pudieron ser visibles por los tomadores de decisión ocasionando que se presentaran incendios de cobertura de 5 a 15 hectáreas. La comunidad de Zapotengo ubicada en parte central de la costa de Oaxaca, fue una de las zonas afectadas, aquí presentamos el uso de UAV de bajo costo para levantamiento de datos territoriales, se realizaron 2 levantamientos de datos (4 vuelos) uno 3 días posterior al incendio y otro a 3 días de haber impactado las tormentas tropicales Beatriz y Calvin. Para estimar el riesgo a incendio se usó el modelo Rhotermel, este modelo determina el comportamiento del fuego con base a dos factores la orografía (pendiente) y tipo de vegetación, debido a que el combustible vegetal se modifica según su concentración de agua, estructura, distribución y tipo de tejido vegetal. Ambos criterios se reclasificaron en 5 clases (muy bajo a muy alto) y posteriormente se sumaron ambas matrices usando álgebra de mapas de ArcMap 10.5, para evaluar la recuperación de cobertura vegetal se usó el Índice de resistencia atmosférica visible (VARI) que está diseñado para resaltar la vegetación en la parte visible del espectro. Como resultados se obtuvo que el área afectada de incendio fue de 62 hectáreas, la vegetación ubicada a orillas del arroyo tuvo una recuperación en cobertura, mientras que las vegetaciones en pendientes de más de 25 por ciento no alcanzaron a recuperarse, con la vegetación actual se cuenta con 10 hectáreas con riesgo alto y muy alto a incendio, 5 con riesgo medio y el restante con riesgo bajo y muy bajo. Se concluye que los UAV ayudan a monitorear zonas que no detecta el programa nacional de prevención a incendios, que se puede estimar las coberturas, tipo de vegetación y orografía con cámaras RGB, sin embargo se sugiere contar con sensores térmicos o infrarrojos para contemplar un mejor sistema de monitoreo a escala pequeña.

SE14-22

DOS EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE IMÁGENES DERIVADAS DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO: ASPECTO AGRÍCOLA Y EVALUACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES

Silva García Jose Teodoro, Cruz Cárdenas Gustavo y Villalpando Barragan Fabian
Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de
Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán
tsilva09@hotmail.com

Los vehículos aéreos no tripulados, se han desarrollado en los últimos años como una nueva plataforma tremendamente versátil para la adquisición de imágenes remotas con multitud de aplicaciones. También conocidos como VANTS, UAVs, o más comúnmente DRON, son una alternativa actual para estimar múltiples variables de interés hidroagrícola, topográfico, geológico etc., en forma remota y con gran precisión. Se presentan dos ejemplos de su aplicación. Uno en el ámbito agrícola mediante la obtención de variables agronómicas en cultivos básicos en la región de la Ciénega de Chapala y un segundo ejemplo de aplicación en bancos de material

situados en Iztapalapa, México, para la obtención de topografía de precisión y cálculo de volúmenes. Se utilizó como equipo un DRONE SISTEMA eBee RGB con Multispectral con cámara de alta resolución RGB (18 MP) MultiSPEC 4C. Obtención de imágenes en cuatro bandas para uso en vegetación y obtener 17 datos de NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, Normalized Difference Vegetation Index), recomendaciones de nitrógeno, cálculo de biomasa y fenología. Este equipo es completamente autónomo. El eBee puede cubrir hasta 12 km² en un solo vuelo automatizado, mientras que sobrevolando áreas más reducidas a altitudes menores puede adquirir imágenes con una distancia de muestreo terrestre (GSD) de hasta 1.5 cm (0.6 in) por píxel. El equipo adicional de este DRON fue el siguiente: Cámara Sequoia Multispec +RGB de 20Mpx (Puede obtener imágenes a través de cuatro bandas espectrales definidas, visibles y no visibles, y generar fotografías RGB en un solo vuelo); cámara Canon G9 de 20 Mpx; software eMotion 2 para planificación de vuelo, software Pix Dmapper.

SE14-23

REVISITANDO LOS ENCINOS DE LA FALLA AGUA BLANCA

Hinojosa Alejandro¹, Espinosa Balas Mariana Elizabeth¹ y Hernández Ortega Ana Joselyn²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

alhinc@cicese.mx

Las fracturas y fallas facilitan el almacenamiento y movimiento de fluidos, estas discontinuidades geológicas pueden actuar como barreras, conductos o combinación de ambas en el movimiento de agua. Si la disponibilidad del agua es persistente, esta puede ser aprovechada por la vegetación generando patrones en la distribución de la vegetación a lo largo de las fallas o fracturas. Este efecto es mayormente detectable en zonas semiáridas y en épocas de estiaje. Teniendo en cuenta estas interacciones, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar si el trazo de la Falla Agua Blanca (FAB) tiene algún efecto sobre la distribución espacial de la vegetación nativa en la vecindad de la falla. Esta evaluación se analiza a través de la percepción remota, utilizando sensores activos, como la tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging), y sensores pasivos, como imágenes satelitales y fotografía aérea. Se cuenta con un levantamiento aéreo LiDAR realizado en 2014 a lo largo de un corredor de 68 km sobre la FAB con una cobertura de 75 km² y una densidad promedio de 5 puntos/m². De la nube de puntos LiDAR se extrajo el trazo de la FAB y se calcularon modelos de altura de dosel, donde se evalúa si existen parches de vegetación con altura mayor que el promedio y de su proximidad al trazo de la falla. Así mismo se hizo un análisis de hidrología superficial para determinar zonas de acumulación de flujo de agua, en cuencas que crucen el trazo de la FAB y se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a partir de imagen multispectral. En la reunión del 2016, se presentó este análisis utilizando imagen satelital Landsat 8 para el cálculo del NDVI y el modelo de elevación SRTM de 1 segundo de arco para el análisis hidrológico, ambos con una resolución de 30m. En esta ocasión presentaremos el mismo análisis pero ahora utilizando imágenes multispectrales de Planet.com y de RapidEye de 3 y 5 m de resolución respectivamente. En el análisis hidrológico se utilizó un modelo de elevación TanDEM-X de 12m proporcionado por la agencia espacial alemana. Se encontró parches de vegetación anormalmente alta y con valores altos del índice NDVI a lo largo de la FAB. La mayor resolución espacial de las imágenes Planet.com y RapidEye así como el modelo TanDEM-X, permitió delinear con mayor definición los parches de vegetación anómala por su verdor y correlacionar con las anomalías por altura obtenidas de la nube LiDAR. En el parche de vegetación más prominente a lo largo de FAB se realizó levantamientos aéreos a partir de dron capturando fotografías en color natural e infrarrojo y su posterior procesado para la reconstrucción densa de nubes de puntos 3D y la generación de ortomosaicos, modelos digitales del terreno (MDT) y de superficie (MDS).

SE14-24

PORTAL WEB DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIOS PARA LA RECONSTRUCCION 3D POR FOTOGRAMETRIA DEL DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DEL CICESE: UNA PLATAFORMA PARA DIVULGACIÓN

Meillón Octavio¹, Hinojosa Alejandro¹, Arregui Sergio¹ y Gaxiola Luisa Marcela²

¹CICESE

²Universidad de Occidente

omeillon@cicese.mx

En la División de Ciencias de la Tierra de CICESE se ha consolidado un grupo de trabajo interdisciplinario que ha adquirido experiencia en la planeación, ejecución de vuelos autónomos y posterior procesado para la reconstrucción de fenómenos en la superficie terrestre así como en la adquisición de imágenes 3D de alta resolución en apoyo de diferentes proyectos en colaboración. Mediante la página web se pretende divulgar los logros y misión del grupo contribuyendo en el uso emergente de las técnicas a través de fotografías tomadas por vehículos autónomos no tripulados (drones),

SE14-25 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD DE LOS DESPLAZAMIENTOS DURANTE EL DESLIZAMIENTO OCURRIDO EN MITLATONGO, OAXACA

Andrade Argueta Julio César¹, Coba Pérez Paz del Carmen² y Morales Manilla Luis Miguel²¹Licenciatura en Geociencias, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM²Laboratorio Universitario de Drones, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
cesar025507@gmail.com

Los procesos de remoción en masa se presentan sobre la superficie terrestre en una extensa variedad de escalas, lugares, condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas e inclusive socioeconómicas. Las localidades de Santiago y Santa Cruz Mitlatongo, al Sur de la región Mixteca en Oaxaca, han presentado históricamente procesos de deslizamiento en masa que constituyen una amenaza importante para la población expuesta, el último evento de gran magnitud ocurrió en el 2011. Para caracterizar parcialmente este evento se requiere conocer las magnitudes y direcciones de los vectores de desplazamiento del terreno. Para este fin, se propuso realizar la identificación y clasificación detallada de los procesos de remoción en masa ocurridos, empleando información generada mediante la tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (VANT/drones). Para el levantamiento de la información requerida se emplearon dos cuadricópteros de la marca DJI. Con ellos se realizaron dos vuelos a diferente altura para tener el cubrimiento fotográfico completo del deslizamiento y datos de mayor detalle en áreas específicas. Para generar los productos fotogramétricos (nube de puntos densa, ortofoto y modelo digital de superficie), las imágenes fueron procesadas en Agisoft PhotoScan. Posteriormente, estos productos fueron analizados en un sistema de información geográfica (SIG), para determinar las direcciones y magnitudes de los vectores de desplazamiento, mediante una comparación de imágenes satelitales y ortofotos de fecha anterior al evento con las actuales obtenidas con los drones. Específicamente se midieron las distancias y direcciones de los desplazamientos empleando puntos de referencia dados por construcciones, caminos, vegetación y rasgos distintivos de la geomorfología de la zona. Los resultados muestran que la mayor parte de los movimientos de masa ocurrieron hacia el Sur y tienen una magnitud de entre 200 y 300 metros. Esta información servirá para establecer una línea base de referencia para conocer que tanto se sigue movilizándose el depósito del deslizamiento y bajo que condiciones ambientales y geofísicas puede acelerarse o retardarse.

SE14-26 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN DESLIZAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS AEROFOTOGRAVIMÉTRICAS EN EL GEOPARQUE MIXTECA ALTA, OAXACA

Torres Velazquez Itzayana¹, Coba Pérez Paz del Carmen² y Morales Manilla Luis Miguel²¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM²Laboratorio Universitario de Drones, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
rock.itza@hotmail.com

En la región de la Mixteca Alta, como en otras zonas de nuestro país, existe gran susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos de tierra cada año. Las causas de los deslizamientos de tierra varían, pero en general la caracterización de estos fenómenos requiere de describir adecuadamente los rasgos morfológicos más importantes tales como fracturas, fallas, escarpes, zonas de depósito, etc. Especialmente, se necesita medir y localizar con mucha precisión estos elementos morfológicos para obtener una caracterización precisa que permita evaluar la forma en que ocurrió el fenómeno y las zonas que presentan todavía inestabilidad. El deslizamiento estudiado se localiza dentro del Geoparque Mixteca Alta, al sur de la región del mismo nombre en el estado de Oaxaca, y ocurre sobre una zona de andesitas muy intemperizadas y fracturadas. En los últimos años, el uso de vehículos aéreos no tripulados se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas en la obtención de imágenes aéreas de alta resolución que facilitan la adquisición de información métrica de procesos geomorfológicos. En mayo de 2017 se adquirió un conjunto imágenes verticales de 12 Mp, tomadas desde una plataforma aérea (cuadricóptero), con la cual se logró cubrir el área de deslizamiento. El vuelo se realizó de forma manual, y a diferentes alturas desde el sitio de despegue del dron (80, 50 y 10 metros) para eliminar en alguna medida el efecto de la variabilidad topográfica del sitio. Para el procesamiento de las imágenes adquiridas se utilizó un software fotogramétrico (PhotoScan), generando una ortofoto con 2 cm/píxel de resolución y un modelo digital de superficie de 3 cm/píxel. Posteriormente, con un SIG se llevó a cabo la interpretación de estos productos y el análisis de los datos. Los resultados señalan que el deslizamiento ha ocurrido en dos etapas diferentes y que al menos el depósito inferior (más reciente) es todavía inestable, presentando fracturas de tensión activas, lo que se corroboró en campo. Esta información servirá para futuras mediciones del movimiento, usando drones, para determinar así la posibilidad de un nuevo deslizamiento de magnitud significativa.

SE14-27 CARTEL

UTILIDAD DE LOS VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN VÍAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRES

Suazo Cruz Guillermo¹, Coba Pérez Paz del Carmen² y Morales Manilla Luis Miguel²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Laboratorio Universitario de Drones, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
suazo.cruz@hotmail.com

La ocurrencia de procesos de remoción en masa en vías de comunicación terrestres, es un fenómeno muy común en ciertas regiones del país, debido al elemento de inestabilidad que introduce el corte del material original y la modificación de la pendiente del terreno. Algunos de estos procesos, por su magnitud, pueden ser importantes porque interrumpen la comunicación de manera temporal. También sucede que algunos de ellos recurren de manera periódica en el mismo sitio hasta que la inestabilidad es eliminada totalmente. El estudio de caso que se presenta ocurre en la carretera Oaxaca – San Juan Teposcolula, en Oaxaca, y muestra la utilidad de los drones para obtener información morfológica y morfométrica del proceso de remoción en masa con un alto nivel de detalle. El vuelo se realizó de manera manual a dos diferentes alturas para minimizar el efecto de la variabilidad topográfica sobre los resultados, utilizando un dron DJI Mavic Pro, con una cámara de 12 Mp. El procesamiento de gabinete se hizo con el software fotogramétrico AGISOFT Photoscan Pro, obteniendo una ortofoto con 2.4 cm de resolución y un modelo digital de superficie (MDS) de 9.6 cm de resolución. Se ajustó el error posicional horizontal absoluto empleando ortofotos de INEGI de 1995, a fin de ubicar dichos productos en su posición correcta. Posteriormente se empleó un SIG para procesar el MDS, y generar un mapa de pendientes y un modelo de iluminación artificial del terreno, complementado con interpretación visual de la ortofoto, con lo que se identificaron los rasgos morfológicos del deslizamiento, tales como escarpes, fracturas, depósitos. Además de obtener mediciones muy precisas de las características morfológicas del deslizamiento tales como longitud y altura de los escarpes, densidad de los sistemas de fracturas, tamaño del depósito, etc., como resultado de este análisis se determinó que el deslizamiento sigue activo en su porción Sur, en donde es posible observar desde el aire que la carretera en cuestión presenta un desplazamiento hacia el Este a lo largo del límite del deslizamiento. También fue posible determinar que este deslizamiento ocurre adyacente a un deslizamiento previo a 1995, y que, a diferencia de éste, el nuevo deslizamiento ocurre en una posición topográfica inferior al antiguo, por lo que la porción más elevada del nuevo todavía sería susceptible de deslizarse en un futuro.

SE14-28 CARTEL

CARBON AZUL EN LA BAHÍA SAN QUINTÍN BC

Hinojosa Alejandro¹, Gray Andrew B.², Watson Elizabeth³, Trasviña Castro Armando⁴, Ochoa Raul⁴, Herguera Juan Carlos⁴, Payen Agustín⁵, Krause Johannes⁶, Gradilla Luis⁴, Meillón Octavio⁷, Arregui Sergio⁸, Raper Kirk⁹, McDonnell Julianna⁹, Carlos Trasviña Daleth¹, Hernández Yesenia¹, Montes Herrera Juan Carlos⁵, Villegas Manriquez Karen Raquel⁶, Merinos Eduardo⁷, Gaxiola Espinoza Luisa Marcella⁸ y Morales Vital José Javier⁹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²University of California, Riverside³Drexel University⁴GEOTOP⁵Consultor Independiente⁶Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS⁷Licenciatura en Ingeniería Geofísica, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco⁸Licenciatura Sistemas Computacionales, Universidad de Occidente⁹Universidad Autónoma de Guerrero

alhinc@cicese.mx

Las praderas de pastos marinos ocupan menos de una fracción del 1% de los océanos del mundo, sin embargo se estima que contribuyen con un 20% de la captura y almacenamiento de carbono (azul) anual del océano. Se están madurando iniciativas de políticas nacionales e internacionales para apoyar la restauración, protección y mejora de las praderas de pastos marinos como método de mitigación del efecto de gases invernadero. Para fundamentar políticas futuras con bases científicas sólidas, hay necesidad urgente de más información sobre las reservas de carbono de pastos marinos y las tasas de captura de carbono en una amplia gama de ambientes, especialmente en las regiones menos estudiadas. A través de un proyecto UCMEXUS-CONACYT un grupo interdisciplinario e interinstitucional nos avocamos a ampliar el conocimiento sobre la captura de carbono por los lechos de pastos marinos en la bahía de San Quintín (BSQ) en Baja California, una bahía con una extensión cercana a los 42 km² y relativamente poco perturbada. Dada la extensión de la bahía, adoptamos plataformas multi-sensorial para analizar la distribución espacial de los pastos marinos y algas en la BSQ. Nos apoyamos en imágenes multiespectrales de los satélites de Planet.com, RapidEye y Sentinel 2. Asimismo con el levantamiento de fotografía aérea y video con drones de ala fija y multi-rotors. Se utilizó cámaras infrarroja y en color natural. Se realizaron dos campañas de vuelo: una en Noviembre de 2016 y otra en Junio de 2017. En la campaña de Noviembre, se colectaron muestras superficiales de sedimento y algunos núcleos. El mapeo de objetos parcialmente sumergidos como los pastos marinos presenta retos como el efecto de las mareas, atenuación de la luz con la profundidad, así como minimizar el efecto del reflejo del sol en la superficie del agua. En esta plática presentaremos los avances del proyecto que incluye

la distribución espacial de la concentración de carbono orgánico e isótopos de carbono en las muestras de sedimento colectadas a lo largo de la BSQ, también los equipos utilizados y resultados en los levantamientos con los drones de ala fija como los ortomosaicos de las praderas de pastos marinos. En esta sesión habrá otras presentaciones y carteles asociados al levantamiento aéreo de Junio 2017, donde se utilizó un dron experimental de ala fija, probando una cámara multi-espectral, un equipo GPS RTK para el registro de su trayectoria y la posterior geo-etiquetado de las más de 3000 fotos aéreas.

SE14-29 CARTEL

EXPERIMENTO PARA RECONOCIMIENTO DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS, USANDO IMÁGENES DE RANGO, OBTENIDAS CON SENSORES KINECT

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, Moreno Chávez Gamaliel², Puente Montejano Cesar Augusto³, Yépez Rincón Fabiola D.⁴ y Guerra Cobián Víctor Hugo⁵

¹Instituto de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León
²Instituto de Geología, UASLP

³Posgrado en Computación, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
⁴Instituto de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
nellyss_21@hotmail.com

A escala mundial, se ha registrado un incremento en los eventos catastróficos causados por fenómenos naturales y un aumento en los daños ocasionados. Cualquier fenómeno natural puede tener efectos negativos en la gente o el ambiente, ya sean desastres hidro-meteorológicos como huracanes, inundaciones, tormentas, tornados, referidos clima o inclusive incendios o la propagación masiva de enfermedades. Todos estos inconvenientes representan una pérdida para la comunidad y sus gobernantes para las que deben prepararse con anticipación. Uno de estos elementos es el riesgo geológico provocado por deslizamiento de laderas, caída de bloques, etc. El grado de estabilidad de una ladera depende de factores internos y externos que directa o indirectamente influyen a la firmeza o seguridad del terreno, por lo que el enfoque geoespacial superpone los parámetros físicos que pueden tener influencia en la ocurrencia de deslizamientos y los proyecta a distintas escalas. La geología, el relieve topográfico, el clima y la vegetación son factores que intervienen en el grado de vulnerabilidad de una área con respecto a los fenómenos de remoción de masa. Los factores topográficos dependen directamente de los datos del terreno, los cuales pueden variar en resolución, sin embargo, la información geotécnica generalmente carece de la resolución necesaria para estudios locales y/o de homogeneidad en escalas específicas. Además, los datos deben de ser recalculados o ser reinterpretados para clasificarlos e incluirlos en el procesado, es por esto que se vuelve complicado el uso de tal información. En este documento, se presenta la experimentación realizada con el objetivo de reconocer las estructuras geológicas presentes en un macizo rocoso, utilizando equipo de fácil acceso y de bajo costo. Este modelo se basó en la obtención de información utilizando sensores Kinect (360 y One) de Microsoft. El cual permite la reconstrucción 3D del campo de interés a través de imágenes de rango. Para el experimento se utilizó un panel con recubrimiento de distintos bloques de roca, con el objetivo de reconocer los planos de contacto entre estos. Los resultados muestran el potencial que tiene este tipo de información para el reconocimiento de estructuras geológicas en campo, como planos de fractura. Con la llegada de nuevos aparatos, como la cámara real sense de intel, de funcionamiento similar pero más avanzados, pequeños y con menores requerimientos energéticos, combinado con los avances en manejo de VANTS, se permitiría un avance en el estudio geotécnico de sitio para reconocimiento y monitoreo sobre cortes de talud para construcción.

SE14-30 CARTEL

MAGNETOMETRÍA AÉREA CON DRONES: CASO RINCÓN DE PARANGUEO

Arzate Andres¹, Corbo-Camargo Fernando², Aranda Gómez José Jorge³ y Arzate Flores Jorge Arturo³

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM
arzateamo@gmail.com

Este proyecto de magnetometría aérea fue iniciado por el Laboratorio de Geofísica en la búsqueda de realizar levantamientos magnéticos de manera más rápida y económica que al hacerlo de manera terrestre, incluyendo la posibilidad de acceder a zonas remotas, y en algunos otros casos también a zonas donde aviones o helicópteros no puedan acceder debido a lo accidentado o limitado espacio para el vuelo. El proyecto consistió en integrar una plataforma aérea capaz de recolectar datos aero-magnéticos de precisión en la escala de los cientos de metros a las decenas de kilómetros cuadrados. A partir de la búsqueda de drones adecuados, pasando por el diseño e impresión 3D de partes, repuestos y adaptaciones necesarias, se adaptó al octacóptero un magnetómetro LEMI-026 fluxgate de tres componentes con GPS integrado que forman conjuntamente el sistema de adquisición aéreo. Paralelamente, se cuenta con otro magnetómetro base con las mismas características para llevar a cabo las correcciones por variación diurna durante los levantamientos aero-magnéticos. El sistema aero-magnético LG-1, como lo hemos llamado, ha sido utilizado en diversos sitios de forma experimental, el más extenso de los cuales se presenta como ejemplo de las capacidades del sistema

aero-magnético y del progreso realizado. El sitio de prueba se conoce como el maar de Rincón de Parangueo, en donde se tienen datos magnéticos terrestres que nos sirven de referencia para la comparación de resultados. Como producto final se presenta el mapa de anomalía de campo total del cráter, así como los alcances y limitaciones de la metodología de adquisición de datos magnéticos con drones.

SE14-31 CARTEL

MAPEO Y MODELADO DE ISLAS Y ARRECIFES MEDIANTE EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Gracia Barrera Ashley David¹, Gómez Nicolás Mariana Patricia¹, López González José², Simoes Nuno³, Carrillo Rodríguez Oswaldo² y Astorga Moar Alejandro²

¹Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Unidad Académica de Yucatán, Instituto de Ingeniería, UNAM

³UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM
davidgracia_mzc@outlook.com

El grupo de BioDiversidad Marina de Yucatán trabaja en describir y analizar los patrones de diversidad y distribución de especies en las zonas costeras y arrecifales del Golfo de México. En el 2017 se organizaron dos expediciones a las Islas de: Cayo Arcas y Cayo Arenas, en las que se invitó al Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros para estudiar y describir la morfología de estos cuerpos insulares. Ambos cayos son de formación coralina y se encuentran en la sonda de Campeche, Cayo Arcas está ubicado a 180 km al norte de Ciudad del Carmen (20° 12' N; 91° 57' O), la expedición se realizó del 31 de marzo al 5 de abril; Cayo Arenas está 188.8 kilómetros de la costa entre Celestún y Campeche (22°06' N; 90°46' O) y el trabajo se realizó del 20 al 27 de mayo. Para la descripción morfológica de las áreas emergidas y someras de las islas, se realizaron levantamientos topográficos usando GPS diferencial (dGPS), caminando perfiles paralelos entre sí. También se capturaron imágenes mediante el uso de un dron o vehículo aéreo no tripulado (VANT) Mavic Pro las cuales posteriormente fueron procesadas mediante la técnica estructura a partir del movimiento (SfM) usando el software pix4d para obtener el ortomosaico y modelo digital de la superficie (MDS) de cada isla. Adicionalmente se midieron puntos de control usando dGPS para geolocalizar y corregir el ortomosaico y el MDS. Cayo Arcas está compuesto por tres cayos: la isla mayor (CA), la isla del sur (CS), y la isla del oeste (CB). Tanto el levantamiento topográfico como los vuelos con drones se realizaron en los tres cayos. El área mapeada de CA es de 0.3727 km² con 3200 imágenes, en CS se mapeo un área de 0.2062 km² con 1550 imágenes y de CB 0.0113 km² a partir de 918 imágenes, sin embargo, solo se usó el 17 % debido a que gran parte de ellas eran de la superficie el agua con oleaje. En CA se utilizaron 17 puntos de control y se obtuvo un RMS promedio de geolocalización de 0.1 m, en CS se colocaron 5 puntos de control con un RMS de 0.07m y en CB se usaron 4 puntos de control con RMS de 0.08 m. En Cayo Arenas se midió y fotografió la isla más grande del complejo de cayos. Se utilizaron 5 puntos de control, y se obtuvo un RMS de geolocalización promedio de 0.01 m. En ambas expediciones se buscó mapear la zona arrecifal, observándose los mejores resultados cuando el sol se encontraba cerca del horizonte y el reflejo en el agua era menor. A partir de los resultados de ambas técnicas se puede comparar la eficiencia que se obtiene al hacerse levantamientos con drones en sitios remotos, alcanzando una gran resolución, detalle y siendo fácil de utilizar. Además, se observó un gran potencial para caracterizar lagunas arrecifales, lo cual es muy útil en el estudio de la biodiversidad y el cambio climático.

Sesión especial

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS MARES Y COSTAS DE MÉXICO

Organizadores:

Francisco J. Ocampo Torres
Guillermo M. Díaz Méndez

SE15-1

A MODULAR GEODESY SYSTEM FOR SUBSEA AND TSUNAMI MONITORING

Sobin Jacob, Hancock Chris y Figueroa Leonardo
Kongsberg Maritime
jacob.sobin@km.kongsberg.com

Tsunamis are waves that are caused by a displacement of a huge body of water that may be devastating for anybody close to shore. Tsunamis may be caused by (among others) earth quakes and submarine landslides and have resulted in the loss of life in several incidents. For example, the 2004 Indian Ocean earthquake occurred at 00:58:53 UTC on 26 December with the epicenter off the west coast of Sumatra and caused a devastating tsunami that resulted in the death of 230,000–280,000 people in 14 countries, and inundating coastal communities with waves up to 30 metres high. [U.S. Geological Survey. Retrieved 16 June 2016]. The standard tsunami reporting system is the Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART) system. DART systems use ocean bottom pressure sensors to detect ocean-crossing tsunamis. Unfortunately, the DART sensors are too sparse and too distant from shore to provide local warnings, and other real-time solutions like dedicated submarine detection cables come with a hefty price tag. Comprehensive coverage of all endangered subduction zones is out of reach using these systems, particularly in the developing world, thus another approach that adds new capabilities to an existing resource could be a significant step in the right direction. (Source: F. Tilmann, EOS 2017). The Kongsberg tsunami warning system "KTsu" uses two acoustically linked but physically independent components - K-Lander and a buoy form one tsunami warning system. The key component of the system is the GEODESY module which is part of the K-Lander. The GEODESY module consists of a combination of high precision pressure sensors and a high-resolution accelerometer. The pressure sensors that are used in this module have a depth resolution that is better than 1 mm / 5000 m and are combined in a system that effectively removes long term drift to less than 1 cm for its multi-year lifetime. This pressure sensor setup exceeds all quality requirements for a tsunami warning system. The GEODESY module also incorporates a high resolution triaxial accelerometer that is used to distinguish between pressure events originating from sea level changes and ground movement. The integrated datalogger uses the accelerometer data to remove seafloor movement events from the pressure measurements. All these components combined make a system that is capable of long-term monitoring over several years, thus creating a cost-effective solution. The SOS (Seismic and Oceanic Sensors) module in the K-Lander provides improved geodetic measurements for scientific research and predictions of natural disasters. Thus, geodesy research and landslide and tsunami monitoring systems are important for many regions, including Mexico. The paper from Rocio Castillo#Aja et al. (Geo Science, Jan. 2017) shows historical evidence that confirms the Rivera-Cocos plate subduction has produced at least 21 tsunamis and hence is quite prone to tsunamigenic earthquakes, making the Jalisco#Colima coast highly susceptible to tsunami hazard. Tsunami geology studies could broaden the time window and aid in constraining the recurrence period for big earthquakes and tsunamis in this region.

SE15-2

OPERATION, MAINTENANCE AND MANAGEMENT OF AN UNDERWATER GLIDER FLEET

Cusí Simó¹, Enric Pallàs-Sanz², Tenreiro Miguel¹, Aranda Eliot¹, Ochoa Jose Luis³, Zarate Jessica², Villacaña Adrian¹, Cabrera Carlos¹, Andrade Isabel², Ulloa Marco³, Ruiz-Angulo Angel⁴, López Alan², Salgado Tomás², Govinda Luis², Nava Luciano² y Sánchez Jose Luis²

¹CICESE²CIDESI³CICATA

⁴Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
simocusi@gmail.com

Since Henry Stommel's 1989 vision of a global operational fleet of 1000 underwater gliders constantly monitoring the ocean, and the release of three more or less reliable glider models in 2001, different entities promoted the creation of glider observatories with the idea of studying specific ocean processes as well as maintaining permanent monitoring lines. Later, in an effort to optimize resources and standardize procedures for data sharing, some countries created integrated observing systems composed of those existing observational groups using gliders, among other instruments. Two remarkable examples are Australia's IMOS (Integrated Marine Observing System) and USA's IOOS (Integrated Ocean Observing System). Aside of national initiatives, Everyone's Gliding Observatories (EGO) tries to promote an ARGO-like program for gliders in which operations, data processing and other operational requirements of gliders would be shared by the different groups. In Mexico, the first glider, an ACSA Seaexplorer, was acquired by CICESE-ULP in 2014. In 2016, within the Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM) project, CICESE (Ensenada unit) purchased 4 Kongsberg Seagliders and immediately started a sustained monitoring of the Loop Current Eddies (LCEs) in the Gulf of Mexico (GoM). In 2017, CICESE's glider group (Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders, GMOG) started a permanent monitoring line off Tampico and placed an order for 3 more Seagliders. Here, with our 1.5 years experience, we depict what a glider facility involves regarding mission planning and piloting, operations, data management and glider maintenance. Mission planning needs matching scientific requirements to

operational and technical feasibility while piloting entails continuous glider technical monitoring as well as adjusting for environmental conditions for about 100 days, period of time that a mission lasts. Operating a glider fleet in a big country like Mexico requires a professional ground transportation company, storage facilities and vessels of opportunity available on demand and a field team willing to fly thousands of kilometers to deploy a glider. Regarding data management, important issues are regular, automated and reliable backups, updated sensor calibration parameters and issues related to data quality, such as Conductivity-Temperature-Depth (CTD) thermal-lag correction. Glider maintenance is carried out by CIDESI in Querétaro, conveniently located at the center of the country. CIDESI takes care of glider refurbishment: battery replacement, technical check, compass calibration and glider ballasting; process that lasts 2-3 weeks. Explanations of the different aspects of GMOG are complemented with some statistics and results of the first 18 months of the group's existence. Despite the recent creation of GMOG, the group have rapidly attained an operational status acquiring more than 7000 vertical profiles, 584 days in the water, and more than 9400 km traveled.

SE15-3

OBSERVACIONES SISTEMÁTICAS DEL AMBIENTE MARINO MEDIANTE UNA RED DE BOYAS OCEANOGRÁFICAS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Gutiérrez Loza Lucía¹, Ocampo Torres Francisco Javier¹, Lara Lara Rubén¹, Durazo Reginaldo², Martínez Osuna Juan Francisco¹, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso¹, Alcaraz Garay Rodrigo¹, Ulloa Labariega Luis Rodrigo¹, Rivera Lemus Erick Rafael¹ y Ortiz Huerta Ernesto¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²UABC

lugutier@cicese.mx

Se presentan algunos resultados recientes del sub-proyecto titulado: Establecimiento de observatorios del ambiente marino mediante una red de boyas oceanográficas y trampas de sedimentos en el golfo de México, del Consorcio de Investigación de Golfo de México (CIGOM). Como parte de la línea de acción 1 (LA1), "Plataformas de observación oceanográfica", y en colaboración con la Secretaría de Marina (SeMar), se instalaron Boyas Oceanográficas Costeras con el fin de realizar mediciones pertinentes que nos permitan describir las características meteorológicas y oceanográficas de regiones costeras en el golfo de México. A partir de las mediciones realizadas se pretende aportar información relevante acerca de los balances de carbono en la región y su contribución a la variabilidad espacial y temporal del inventario de carbono. Se presentan algunos de los últimos resultados a partir de los datos obtenidos con las BOC durante el periodo de junio de 2016 a marzo de 2017. Es importante considerar que aún se continua con un procesamiento más detallado, control de calidad estricto y un análisis más profundo de los datos con el fin de avanzar y obtener resultados con mayor certidumbre, de manera preliminar se presentan en este trabajo las series temporales obtenidas. Los valores medidos de presión parcial de CO₂ en la atmósfera se encuentran dentro de los valores esperados, entre 350 y 400 ppm, con un valor promedio de 385 ppm. Los registros de la presión parcial de CO₂ en el agua muestran una buena correlación, sin embargo, los valores obtenidos con el sensor Pro-Oceanus parecen estar desfasados de aquellos obtenidos con el sensor SAMI. La variabilidad observada en la presión parcial de CO₂ durante finales de septiembre y octubre, parece estar relacionada con la variabilidad de otras variables oceanográficas, más que con las variables meteorológicas, se observa que mientras ocurre una disminución en la salinidad, la conductividad y el oxígeno disuelto, ocurre un incremento en la presión parcial de CO₂ en el agua.

SE15-4

SISTEMA DE ADQUISICIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN SATELITAL DE DATOS PROVENIENTES DE SENSORES INSTALADOS EN BOYAS OCEANOGRÁFICAS COSTERAS

Ortiz Huerta Ernesto, Martínez Juan, Ceseña Alfredo, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso, Ojeda Rogelio y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
eortiz@cicese.mx

Dentro de las actividades de la línea de acción 1 (Plataformas de Observación Oceanográfica) del Consorcio de Investigaciones del Golfo de México (CIGOM), se ha estado trabajando en el diseño e implementación de un sistema de adquisición, almacenamiento y transmisión satelital de datos provenientes de diversos sensores instalados en boyas oceanográficas costeras en el Golfo de México. En esta presentación, se describen brevemente cada uno de los diferentes subsistemas que conforman a la electrónica de la boya, tales como, el subsistema de recolección y suministro de energía, formado por un conjunto de paneles solares y un banco baterías de litio recargables, sensores para la medición de variables meteorológicas, así como para mediciones de pH, oxígeno disuelto, conductividad, presión, temperatura del agua, y CO₂, tanto en el aire como en el agua. Para la adquisición de señales y regulación del voltaje de alimentación de los diferentes sensores que forman parte de la instrumentación de la boya, se ha diseñado un Módulo de Adquisición y Regulación de Voltaje Inteligente (MARVI) que utiliza un procesador MSP430 de bajo consumo y hace uso del estándar IEEE 802.15.4 para establecer

comunicación inalámbrica de corto alcance (1 Km) con la boya. Por último, se menciona el subsistema de telemetría satelital diseñado para transmitir tanto la posición de la boya, como los datos provenientes de los sensores, utilizando un esquema de compresión de datos para reducir costos de telemetría.

SE15-5

RED DE RADIO ESCATERÓMETROS OCEANOGRÁFICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Flores-Vidal Xavier¹, Rodríguez Padilla Isaac¹, Sandoval Rangel Andrés¹, Saldaña Bencomo Jesús¹, Arredondo Medina Eduardo¹, Hernández González Mayra¹, Flores Trujillo Juan Gabriel², Molina Alfonso², Rojas González Ramón Isaac³, Kurczyn Robledo Jorge Alejandro⁴ y Valencia Martínez Jorge⁵

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

³Centro Regional de Investigación Pesquera

⁴Universidad Autónoma de Campeche - EPOMEX

⁵Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

xfloresv@gmail.com

En junio de 2017 se inició la instalación de los primeros radares HF en la costa mexicana del Golfo de México, colocando dos radares en la costa de Campeche, ubicados en el extremo occidental de la península de Yucatán. Estos radares forman parte de la "Red de radio escaterómetros y observatorio en tiempo real de corrientes superficiales en el Golfo de México", la cual a su vez forma parte del proyecto "Implementación de redes de observación oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México", financiado por el fondo sectorial SENER-CONACYT Hidrocarburos. La red de radares pretende cubrir con esta tecnología toda la costa del Golfo de México, desde Yucatán hasta Tamaulipas, con el objetivo de poder observar las corrientes superficiales desde la costa hasta ~200 km mar adentro, con una resolución espacio temporal sin precedentes de ~ 3 km y 1 h, respectivamente. Los primeros resultados muestran la dinámica oceánica sobre la plataforma de Campeche medida por los HFR hasta el momento, se espera que para mediados de 2018 la red sea operativa en su totalidad.

SE15-6

DESPLEGADO VISUAL-DIGITAL DE LA INTEGRACIÓN DE DATOS HIDROACÚSTICOS EN EL ÁREA DE PERDIDO A PLATAFORMAS DIGITALES EN ARCGIS Y QPS-FLEDERMAUS

Ramón Víctor Manuel¹, Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.², Bandy William L.², Millán Motolinía María del Carmen¹, Aguilar Diego Armando¹, Valle Hernández Sandra¹ y Pérez González Elizabeth Andromeda¹

¹Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

vic_vmmr@hotmail.com

El trabajo presenta la integración de los datos hidroacústicos (batimetría multihaz, conos acústicos de columna de agua, y perfiles sísmicos de alta resolución) georeferenciados, adquiridos en el talud continental, sobre la provincia subsalina de Perdido en el Golfo de México, frente a las costas de Tamaulipas. Los datos hidroacústicos fueron adquiridos en dos campañas oceanográficas a bordo del BO Justo Sierra: campaña Perdido 1, con duración de 12 días; y la campaña Perdido 2, con un periodo de 21 días. La base de datos contiene: datos hidroacústicos adquiridos en las campañas oceanográficas y datos procesados en el Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica (LUCO). Esta base está organizada en un Sistema de Información Geográfica, y resguardados en un servidor de datos. La integración y el despliegado visual de los datos se han realizado en dos plataformas digitales, ArcGIS™ y QPS-Fledermaus™, generando cartas hidroacústicas y escenarios 3D y 4D, respectivamente. Este trabajo es apoyado con recursos provenientes del Fondo de Hidrocarburos de CONACYT-SENER, Proyecto 201441, y es una aportación a las iniciativas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

SE15-7

RETOS Y AVANCES EN EL DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE ALMACENAMIENTO, DISTRIBUCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE OBSERVACIONES OCEÁNICAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Medrano Jaimes Hernan Favio, Ronquillo Mendez Argelia y Sheinbaum Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
hmedrano@cicese.mx

Con el aumento del poder computacional y la mejora en los dispositivos de sensado, los datos georeferenciados están creciendo en volumen, variedad y complejidad a una tasa sin precedentes. Estas tres características hacen que los métodos computacionales tradicionales sean inadecuados para usar y transmitir los datos,

dado su volumen y la velocidad a la que ocurre todo (generación de nuevos datos, extracción y transmisión). Para resolver este problema se deben afrontar al menos 4 de las V de Big Data: Volumen, Variedad, Velocidad y Veracidad. Este escenario trae consigo una gran oportunidad para la innovación de software, que afronte estos retos y lleve a cabo tres de las tareas básicas: almacenamiento, acceso y manipulación. En este trabajo describimos las técnicas y herramientas utilizadas para el diseño y desarrollo de la plataforma de almacenamiento, distribución y visualización de los datos generados por las líneas 1, 3 y 5 del Consorcio de Investigación del Golfo de México, el cual tiene, entre otros, una gran cantidad de datos oceanográficos de diferentes fuentes (imágenes satelitales, modelos numéricos, boyas, derivadores, gliders, etc.), con diferentes dimensiones espaciales y temporales y además provenientes de diferentes grupos de trabajo de diferentes instituciones. Para el almacenamiento de la información (datos y metadatos) se utiliza el formato Netcdf y se siguen estándares y convenciones aceptadas internacionalmente CF (Climate and Forecast) y ACDD (Attribute Convention for Discovery of Dataset), las cuales garantizan la calidad y la inter-operatividad con el resto del proyecto. La distribución y catalogado de la información se realiza mediante Thredds y ERDDAP que muestran y entregan por medio de la red, y con un ancho de banda bajo, los datos en diferentes formatos y por medio de diferentes servicios y protocolos, haciendo que ésta sea interoperable incluso internacionalmente, con otras plataformas de estructura similar. Para el descubrimiento de los catálogos se implementa CKAN, un software de librería digital amigable y con métodos de entrega de metadatos estándar. Finalmente para la visualización, se tiene una interfaz web moderna, intuitiva, amigable y especializada, que genera los gráficos dinámicamente por medio del servidor de datos descrito previamente. Esta plataforma podría facilitar futuros desarrollos que estén enfocados en el análisis intensivo de la información, la aplicación de minería de datos y el uso del aprendizaje máquina.

SE15-8

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRAL PARA LAS LÍNEAS DE ACCIÓN 2 Y 4 DEL CONSORCIO DE INVESTIGACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO (CIGOM)

Ramírez Preciado Rosa Paola¹, Delgadillo Rodríguez Saúl¹, Juárez Jiménez Julio Antonio¹, Velázquez Ana Karen¹, Michán Aguirre Layla¹, Sánchez Torres Tonatihu Rafael¹, Licea Navarro Alexei Fedorovich¹ y Herzka Llona Sharon Zinah¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

rramirez@cigom.org

El equipo de Modelado y manejo de Datos (MMD) de las Líneas de acción 2 (Línea Base y Monitoreo Ambiental) y 4 (Degradación de Hidrocarburos) del proyecto "Implementación de redes de observación oceanográficas para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de Hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México" (Fondo de Hidrocarburos SENER-CONACYT) formado dentro del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), es un equipo interdisciplinario conformado por especialistas en ciencias biológicas, computacionales y de la información que tiene como objetivos el establecer los protocolos para la generación y uso de la información de manera organizada, así como reunir, estructurar y distribuir los sets de datos generados en las campañas oceanográficas realizadas durante el proyecto, así como el generar acuerdos con respecto a los estándares y valores de los datos generados. Además, incorpora el manejo de los documentos producto de investigación internos al consorcio, con los créditos y licencias pertinentes. Estos objetivos se han cumplido mediante la implementación de soluciones de tecnologías de la información, donde los productos centrales son: el Sistema de información (SI) de las Líneas 2 y 4 del CIGoM y el Módulo Cruceros. El SI es un portal web que sirve como la interfaz principal para los participantes e integra diversos servicios, incluyendo información sobre grupos de trabajo, planeación, mapas, informes de cruceros, resultados de talleres, etc. Haciendo uso de herramientas de Google como Google Drive, a través del SI es posible consultar documentos generados por los diferentes grupos de trabajo de estas dos líneas de acción, mientras que se administran rigurosamente permisos de lectura, edición y reuso de los diferentes documentos con sus metadatos administrativos, descriptivos y estructurales asociados para llevar un control, normalizarlos y garantizar la accesibilidad. El Módulo Cruceros es una plataforma descentralizada cuyo propósito es coadyuvar en la sistematización, planeación, resguardo, ejecución, análisis y generación de informes de las campañas oceanográficas. En el Módulo Cruceros se depositan y organizan los datos y metadatos asociados a la planeación y ejecución de los 23 cruceros de investigación que se tienen planificado por parte del CICESE, UABC, CINVESTAV-Mérida e ICMYL-UNAM, incluyendo información sobre el equipo y personal a bordo, estaciones cubiertas, datos de CTD, y registro de los miles de muestras recolectadas en cada campaña. Esta herramienta simplifica el registro, la administración y consulta de la información de los cruceros en cualquiera de sus etapas (Plan de Campaña, Bitácora de Campaña y Resultados de Análisis). El portal web del SI como el Módulo Cruceros son complementarios, y en conjunto la información que ambos integran es enriquecida, proveyendo un ambiente de fácil acceso que promueve un ambiente colaborativo y facilitan el flujo de información entre las instituciones integrantes del CIGoM. Actualmente, el Módulo Cruceros se encuentra en uso, con datos reales de alrededor de 10 campañas oceanográficas realizadas con éxito.

SE15-9 CARTEL

GENERACION DE UN MODELO DIGITAL DE ELEVACION (MDE) PARCIAL DE LA ISLA ISABEL, NAYARITCastillo Miguel¹ y Álvarez Román²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²IMAS-UNAM

castillom@geologia.unam.mx

La Isla Isabel se encuentra ~60 km al oeste del litoral nayarita y es un Área Natural Protegida. Su origen es volcánico y su altura sobre el nivel del mar no sobrepasa 100 m en ningún punto. Las dimensiones de la parte que emerge del mar son 1.84 km N-S y 1.32 km E-W. Aunque en diversas publicaciones se ha reportado su geología y algunos levantamientos geofísicos como gravimetría, magnetometría, magnetotelúrico y datos paleomagnéticos, no parece existir una descripción topográfica precisa de la misma, la cual es necesaria no solo para el cálculo del volumen de material volcánico total sino de cálculos sobre los volúmenes de estructuras específicas de la misma, como los cráteres de explosión que ahí se observan. No obstante, se han propuesto algunos estimados sobre el volumen de material volcánico que forma la isla: Housh et al.(2010) estimaron el volumen de la isla como 4.2 km³ y el volumen de la parte emergida como 0.030 km³; Alvarez et al. (2017) estimaron el volumen emergido como 0.018 km³. Para elaborar el actual modelo digital parcial de la isla utilizamos un equipo terrestre LIDAR de largo alcance (~2 km) marca Maptek® modelo I-Site8820XR con el que se ocuparon dos estaciones en el SW y el SE de la isla desde donde se pudo cubrir aproximadamente el 80% de su superficie con 106 puntos y una resolución menor a 0.10 m. Para obtener la parte complementaria de este MDE planeamos ocupar próximamente un punto en la parte más elevada al NE de la isla así como la complementación con fotogrametría digital asistida por un dron. En este estudio parcial de la generación de un DEM para la isla, considerando la superficie que tomó el escaneo, el volumen por encima de un plano localizado 0.5 m sobre el nivel medio del mar es de 0.012 km³, el área planimétrica es de 0.49 km² y el área para el modelo 3-D es de 0.6 km². Si bien la tecnología LIDAR permite obtener de forma rápida los modelos digitales de elevación, la presencia de la densa cubierta vegetal es el principal limitante para obtener un modelo superficial del terreno. A pesar de ello, este trabajo es el primer levantamiento de detalle cuya área no había sido incluida en la cartografía topográfica del país.

SE15-10 CARTEL

DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE PARA LA CONFIGURACIÓN DE SENSORES Y PARA ADQUISICIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN SATELITAL DE DATOS PROVENIENTES DE BOYAS OCEANOGRÁFICAS

Valenzuela Palacios Ernesto Alonso, Ortiz Huerta Ernesto, Ojeda Rogelio, Ceseña Alfredo, Martínez Osuna Juan Francisco y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
evalenzu@cicese.mx

Avances recientes en la tecnología en microprocesadores y comunicaciones satelitales ha propiciado una carrera en el desarrollo de sistemas de adquisición y envío de datos por telemetría satelital para aplicaciones oceanográficas. En el CICESE se ha desarrollado e implementado con éxito un sistema de adquisición de datos con software robusto y versátil ad-hoc para boyas oceanográficas. El sistema está basado en un procesador iMX6 ARM-Cortex A9, utilizando el sistema operativo Trusty de Ubuntu con software desarrollado en lenguaje de programación Python. Las funciones principales del software son: adquirir continuamente los datos que provienen de los diferentes sensores, almacenar los datos de manera redundante en dos unidades distintas de almacenamiento, así como, procesamiento y transmisión vía satélite, utilizando un esquema de compresión de datos sin pérdidas. Además, cuenta con funciones de monitoreo inteligente en tiempo real para reestablecer la comunicación con los sensores en caso de alguna falla. El sistema se complementa con un subsistema de adquisición y visualización de datos para consultarse vía web, localizado en los servidores de CICESE.

SE15-11 CARTEL

PROCESAMIENTO DE DATOS DE BATIMETRÍA MULTIHAZ EN LA REGIÓN DE PERDIDO - ETAPA 1 CIGOM

Millán Motolinía María del Carmen¹, Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.¹, Bandy William L.¹, Ramón Víctor Manuel², Ponce Núñez Francisco³ y García Palacios Miguel Ángel¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM³Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
carmenmillanm@gmail.com

La adquisición de datos hidroacústicos fue desarrollada por el grupo de Geofísica Marina del Instituto de Geofísica en la Región de Perdido (frente a la costa de Tamaulipas) a bordo del B/O JUSTO SIERRA en Diciembre de 2015 y Julio de 2016. Los datos fueron procesados en el Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica (LUCO) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este trabajo presenta el

flujo del procesamiento y los resultados de los datos batimétricos multihaz con dos softwares diferentes que fueron adquiridos con dos modelos de ecosondas multihaz de 30 KHz (EM300 y EM302 de Kongsberg) para profundidades no mayores a los 4,500m, así como algunos de los factores a considerar para evitar errores durante la adquisición. También el trabajo muestra parte del avance en el análisis de la señal acústica para la obtención de las imágenes de retrodispersión acústica y clasificación de la litología del lecho marino. El resultado del procesamiento revela que los datos hidroacústicos muestran diferencias considerables en resolución debido: (1) al manejo de dos ecosondas multihaz con diferencias significativas en cuanto a la densidad de las mediciones batimétricas y (2) la influencia significativa del oleaje y pendiente del relieve marino. También los resultados muestran notoriamente un aumento en la cobertura espacial y optimización del tiempo de adquisición y procesamiento al monitorear constantemente las condiciones de la superficie del mar durante la adquisición. En conclusión, la actualización de los sistemas hidroacústicos en el B/O Justo Sierra ha mejorado considerablemente la calidad de los datos hidroacústicos y minimizar los tiempos de procesamiento post-crucero. Este trabajo es apoyado con recursos provenientes del Fondo de Hidrocarburos de CONACYT-SENER, Proyecto 201441, y es una aportación a las iniciativas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM).

SE15-12 CARTEL

CATALOGO DE SECCIONES SÍSMICAS DE ALTA RESOLUCIÓN ADQUIRIDAS DURANTE LAS CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS PERDIDO-1 Y PERDIDO-2 A BORDO DEL B/O JUSTO SIERRA, PROYECTO CIGOM

Valle Sandra¹, Bandy William L.², Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.², Pérez González Elizabeth Andromeda³, Aguilar Diego Armando⁴, Solache Graciela² y García Miguel Ángel²

¹Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM²LUCO - IGF, UNAM³PCMYL - LUCO, UNAM⁴PCT - LUCO, UNAM

sandrav@geofisica.unam.mx

El catálogo de las secciones sísmicas de alta resolución es una compilación de secciones sísmicas de las campañas oceanográficas PERDIDO-1 (1 al 13 de diciembre del 2015) y PERDIDO-2 (6 al 22 de julio del 2016, integrada en tres bloques) a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM. Ambas campañas oceanográficas se ubican en el talud continental de la región de Perdido, Golfo de México, entre 23°45' N a 26°01' N y entre 95°17'W y 97°14'W. Para la adquisición de datos sísmicos, se utilizó un perfilador paramétrico TOPAS PS 18 " Topographic parametric sonar" de KONGSBERG, que emite una frecuencia modulada de 18 kHz, con un pulso acústico de forma Chirp para aguas profundas en una banda de frecuencias entre 4 y 6 kHz, y alcanzando una resolución vertical de 20 cm. Los datos adquiridos son convertidos a formato SEG-Y con el software TOPAS-Replay de Kongsberg y posteriormente optimizados con el software de procesamiento de datos sísmicos SonarWiz, para generar imágenes de secciones sísmicas de alta resolución. Después las imágenes de las secciones sísmicas de cada uno de los bloques (PERDIDO 1, PERDIDO 2A, 2B y 2C) son normalizadas a una misma escala e integrándolas al catálogo de las secciones sísmicas. En PERDIDO 1, el volumen de datos registrados es de 28.7 GB, con casi 2,200 km de registros sísmicos en 37 perfiles; mientras que para PERDIDO-2 el volumen de datos es de 22.5 GB, con casi 4,530 km de registros sísmicos en 79 perfiles. Las secciones sísmicas recopiladas en el catálogo, muestran una columna de agua entre los 200 a 2,650 m de profundidad; la mayor penetración de energía de onda sísmica se encuentra en el sector Oeste, donde alcanza hasta 120 m de profundidad del lecho marino. La mayoría de las estructuras geológicas, mostradas en las imágenes de las secciones sísmicas, evidencian estar asociadas a un sistema de fallas en cizalla y al tectonismo salino en el talud de la región de Perdido. Este trabajo es apoyado con recursos provenientes del Fondo de Hidrocarburos de CONACYT-SENER, Proyecto 201441, y es una aportación a las iniciativas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM).

SE15-13 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE PLUMAS ASCENDENTES DE GASES Y FLUIDOS EN LOS DATOS HIDROACÚSTICOS EN EL ÁREA DE PERDIDO, GOLFO DE MÉXICO, USANDO QPS-FLEDERMAUS-MIDWATER, PROYECTO CIGOM

Aguilar Diego Armando¹, Ramón Víctor Manuel², Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.³, Millán Motolinía María del Carmen¹, Solache Graciela² y García Miguel Ángel³

¹PCT - LUCO, UNAM²LUCO, UNAM³Instituto de Geofísica, UNAM
diego@geofisica.unam.mx

Los registros acústicos del ecosonda EM302 proveen evidencias que existen 57 localidades de plumas ascendentes de hidrocarburos provenientes del talud continental en el área de Perdido, Golfo de México, como parte del proyecto en el Consorcio de Investigación en el Golfo de México (CIGOM). Las plumas son identificadas utilizando el módulo de QPS® FMMidwater mediante una metodología en la cual las señales acústicas en la columna de agua son apiladas a lo largo

del transecto. Su identificación es optimizada a través de cambios en algunos parámetros del cono acústico. Posteriormente, las posiciones de estas plumas son correlacionadas con las estructuras que conforman el relieve del lecho marino. A la falta de calibración en la respuesta acústica, no es posible mediante esta técnica establecer qué tipo de fluidos o gases constituyen estas plumas; sin embargo, su posición exacta y su altura son precisadas. Actualmente, estamos interesados en desarrollar una metodología que permita identificar anomalías acústicas en los datos de manera automatizada. Este trabajo es apoyado con recursos provenientes del Fondo de Hidrocarburos de CONACYT-SENER, Proyecto 201441, y es una aportación a las iniciativas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM).

SE15-14 CARTEL

EXPERIMENTAL EVALUATION OF AN AUTONOMOUS SURFACE CRAFT FOR SHALLOW WATER BATHYMETRY

Raygosa Ruben
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
r.raygosa@gmail.com

Vast coastal water bodies such as mangroves and wetlands, despite their enormous importance, are inaccessible to even the smallest aquatic vehicles, which are not capable of navigating the extremely shallow environments. To understand their behavior, the transport and exchange processes with both the sea and the land, it is crucial to study the local hydrodynamics, which are highly dependent of the bathymetric configuration. In order to obtain accurate and high spatial resolution bathymetric samples, an existing small surface vehicle instrumented with GPS and echosounder was implemented with an autopilot system to achieve autonomy. The description of the autonomous system together with the evaluation of the whole vehicle's performance in a natural coastal environment (e.g. affected by the wind, waves and currents that exist in coastal regions) is presented. The navigation system is based on an autopilot system, which follows a set of user-selected waypoints to drive the vehicle through a previously designed path. The trajectory is self-corrected to achieve sufficient accuracy (the limits are also defined by the user) using Real Time Kinematics. The tracking is performed by two independent PID control systems: the boat's displacement speed and the bearing control. A simple experimental procedure to tune the low-level PID control parameters is presented; Comparisons between the bathymetric maps obtained with the system and with other standard bathymetric surveys (ship-towed echosounder) are presented from a sample of a coastal site selected to test both the precision of the boat's navigation and the fine structure of the bottom topography. The results confirm the capacity of the whole system's performance, which became a very valuable tool for surveying large and very shallow environments.

SE15-15 CARTEL

MODELING AND SIMULATION OF AN AUTONOMOUS SURFACE CRAFT FOR SHALLOW WATER MAPPING RESEARCH, FOR OPERATORS TRAINING

Raygosa Ruben
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
r.raygosa@gmail.com

The aim of this project is the development of a software program to simulate the operation of the Q-boat, an Autonomous Surface Craft used in shallow water research. The simulator could be used for pilots training purposes to reduce the tuning procedure time and avoid damages to the vehicle caused by lack of training. The software includes numerical models of both the bearing and the velocity control modules which comprises the vehicle's navigation system. The non-linear model followed by the simulator includes the actuator dynamics, marine currents effects and the vehicle waypoint based guidance system. The dynamic model of the actuators considered in the simulator is verified using an open loop experimental test. The perturbation by marine currents are estimated using measures of the onboard sensors of the vehicle. The results obtained are in accordance with the actual real model behavior. In order to verify the accuracy of the simulator, comparative experimental tests are shown. The tests included variation in the guidance control gains. Finally a bathymetry of a shallow draft port is presented using the control parameters obtained with the simulator. Keywords: Non-linear modeling, Autonomous Surface Craft, Relative Velocity Concept, Marine Thruster Dynamics.

SE15-16 CARTEL

MESOCOSMS METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS FOR STUDIES OF TROPICAL MARINE ENVIRONMENTS

Raygosa Ruben¹, Putzeys Sebastian¹ y Pech Daniel²
¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
²ECOSUR
r.raygosa@gmail.com

The effects of tropical climatic conditions on a mesocosm experiment were studied during 2016 to evaluate the possible influence on the biological community. The mesocosm was equipped with an electric marine thruster as means to avoid

stratification in the water contained in the mesocosm. In addition, the system is submerged in water to increase the thermal inertia and maintain the temperature variation of the system within reasonable ranges. The design does not include auxiliary forcing cooling systems. The results clearly revealed the influence of climatology and show the feasibility of the proposed design in tropical environments. With high variations of ambient temperature (>20°C) the variations of the mesocosm temperature was only 3°C.

SE15-17 CARTEL

DESIGN OF A PIEZOELECTRIC SENSOR TO QUANTIFY AEOLIAN SAND TRANSPORT

Raygosa Ruben
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
r.raygosa@gmail.com

This paper describes a sensor for measuring the mass flux of aeolian sand transport based on a low-cost piezo-electric transducer. The device is able to measure time series of aeolian sand transport. Maximum fluxes of 27 mg per second can be achieved. Instead of counting the number of sand grains received, the sensor measures the momentum produced by the grains when impacting the sensor. This technique allows adding the effects of simultaneous or quasi-simultaneous impacts. The design includes: mathematical modelling, a sand trap, an electronic amplifier circuit and an embedded system for data collection. A field test was performed, where the basis for signal interpretation and the corresponding measurements of aeolian sand transport are presented. The sensor successfully measures fluxes driven by sea breezes of 10 ms⁻¹, showing the importance of this process for dune-building in the region

SE15-18 CARTEL

PLATAFORMA DE VISUALIZACION DE DATOS OCEANOGRÁFICOS OBTENIDOS CON PLANEADORES SUBMARINOS DEL GRUPO DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO CON GLIDERS

Aranda Eliot, Cusí Simó y Cabrera Carlos
CICESE
eliot@cicese.mx

Para esta recién concluida primera etapa del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM), el equipo del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) ha desarrollado una plataforma de para el monitoreo y visualización de variables físicas (temperatura, salinidad, y velocidad promedio de la columna de agua) y biogeoquímicas (clorofila-a, turbidez, carbono orgánico disuelto, y oxígeno disuelto) del Golfo de México. La visualización de datos se puede realizar en tiempo casi-real. Se despliegan dos tipos de bases de datos: ingenieriles y científicos. Los datos ingenieriles informan del estado mecánico/electrónico del planeador submarino durante la misión (carga de la batería, humedad interna, presión interna, temperatura interna, etc.) que nos permiten monitorear el estado de "salud" del planeador y con esto evitar ciertos percances. Los datos científicos adquiridos durante un buceo por su parte, son transmitidos satelitalmente por medio de Iridium cada ~5h en buceos de 1000m de profundidad. Los datos científicos son desplegados en secciones verticales que se actualizan diariamente. Así mismo, se representa la trayectoria del planeador submarino interactiva sobre un mapa del Golfo de México en tiempo casi real. Para la interpretación/contextualización de los datos adquiridos por el planeador submarino a lo largo de la trayectoria se cuenta con herramientas para la visualización de productos satelitales públicos (clorofila, topografía dinámica absoluta, temperatura superficial, y velocidades geostrofas superficiales), así como la corriente promedio de la columna de agua graficada sobre la trayectoria del planeador submarino. Estas herramientas son utilizadas diariamente por el piloto para la toma de decisiones durante la misión. Esta plataforma se encuentra alojada en un servidor web del CICESE, y se puede acceder a ella desde cualquier dispositivo con acceso a internet. La plataforma de visualización esta en continuo desarrollo incluyendo nuevas variables adquiridas por satélite e incrementando la interacción web-usuario como por ejemplo desplegar promedios semanales o mensuales de los productos satelitales diarios.

SE15-19 CARTEL

MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS HIDROACÚSTICOS EN EL BO JUSTO SIERRA DE LA UNAM

Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.¹, Gracia Gasca Adolfo¹, Ponce Núñez Francisco¹, Ronquillo Arvizu Arturo¹, García Palacios Miguel Ángel¹, Santiago Santiago José Antonio¹, Pérez Calderón Daniel A.¹, Real Pérez Jorge Arturo¹, Bandy William L.¹, Millán Motolinía María del Carmen¹, Ramón Víctor Manuel¹, Valle Hernández Sandra¹, Aguilar Diego Armando¹ y Piñero Lajas Doris²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²CICESE
cmortera@geofisica.unam.mx

En 2016 y 2017, los sistemas de hidroacústicos de ecosondeo en el buque oceanográfico BO Justo Sierra fueron modernizados e implementados para obtener

con mayor precisión un mayor número de mediciones batimétricas al mismo tiempo en aguas someras y profundas como optimizar los sondeos de penetración para obtener imágenes más nítidas de las estructuras y estratificación del subsuelo. También esta modernización incluye la capacidad de registrar acústicamente anomalías en la columna de agua que pudiese identificar y localizar filtraciones de gases y fluidos provenientes del lecho marino. Otros sistemas de cómputo fueron también incorporados en el sistema hidroacústico para sincronizar las operaciones de registro durante los ecosondeos. Esta modernización fue implementada por técnicos de la UNAM y en asesoría con los ingenieros del fabricante Kongsberg. La modernización de la instrumentación es resultado del uso de recursos provenientes del Fondo de Hidrocarburos de CONACYT-SENER, Proyecto 201441, como parte de las aportaciones de las iniciativas científicas del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM). Los equipos incluidos en esta modernización son: 1. Ecosonda multihaz de aguas someras EM 2040 de banda ancha (200 a 400 kHz) de Kongsberg. 2. Ecosonda multihaz de aguas profundas EM 302 de (30 kHz) de Kongsberg. 3. Transceiver del ecosonda de penetración TOPAS PS18 y su consola de operación de Kongsberg. 4. Sistema de posicionamiento SEAPATH 330 de Kongsberg. 5. Instalación de un sistema Helsman de Kongsberg en el puente de mando. 6. Instalación del sensor de velocidad en la superficie SVP 70 de Teledyne en la quilla del puente. 7. Sistema K-Sync de Kongsberg para la sincronización de pulsos emitidos por varias ecosondas. 8. Sistema KVM para el monitoreo de los registros hidroacústicos y adquisición de datos geofísicos. 9. Ecosonda monohaz EA640 de Kongsberg para mediciones de profundidad (10 a 5,500 m). 10. Ecosonda monohaz EK80 de Kongsberg para uso en la investigación de pesquería. 11. Calibración de la unidad de referencia de movimiento MRU+5 Agradeciendo el apoyo recibido por parte de la Coordinación de Plataformas Oceanográficas de la UNAM y de la tripulación del BO Justo Sierra.

SE15-20 CARTEL

INTERFEROMETRÍA DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA PARA ESTUDIOS DE HIDRODINÁMICA COSTERA

Díaz Méndez Guillermo¹, Farquharson Gordon² y Ocampo Torres Francisco Javier¹
¹CICESE

²Laboratorio de Física Aplicada, Universidad de Washington
 gdiaz@cicese.mx

La interferometría de radar de apertura sintética (InRAS) es una tecnología comúnmente utilizada en las geociencias para realizar mediciones de gradientes espacio-temporales, como la deformación y/o el desplazamiento de la corteza terrestre, con muy alta precisión gracias al principio de interferencia de las ondas electromagnéticas. En el campo de la oceanografía, desde la década de 1980 se ha estudiado la capacidad de una de sus variantes, la interferometría a lo largo de la trayectoria (del inglés alongtrack interferometry, ATI), para producir mapas de la corriente superficial. El desarrollo de sistemas InRAS duales, mediante los que se estiman vectores de velocidad en dos direcciones casi perpendiculares, ha permitido la estimación del campo de velocidades en la superficie del océano. Como parte de la LA1 del proyecto CIGOM, en mayo del presente año se realizó una campaña de mediciones en la costa sureste de Texas con ayuda de un sistema aerotransportado de InRAS. Se trata de un sistema dual, propiedad del Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad de Washington (APL por sus siglas en inglés), que consta de dos RAS miniaturizados, fabricados por la empresa Artemis Inc. [Edwards et al. 2008], seis antenas tipo flat-panel y un sistema de navegación inercial de alta precisión (iIMU-FSAS de iMAR Navigation & Control). El sistema realiza mediciones de la rugosidad superficial del océano cerca de la costa, mediante las que se estiman el campo de velocidades horizontales [Farquharson et al. 2014] y algunos parámetros del oleaje [Goncharenko y Farquharson 2013], a partir de los cuáles es posible hacer inferencias sobre la hidrodinámica costera. En este trabajo presentaremos las características del sistema interferométrico dual del APL y su implementación para estudiar la hidrodinámica costera durante la campaña de mediciones realizada en el golfo de México en mayo de 2017. Resultados preliminares, que se presentarán como ejemplo de su desempeño, muestran el aumento relativo de la rugosidad superficial en la vecindad de las desembocaduras (Port Aransas, Port Mansfield y South Padre Island, Texas) en la zona de estudio, lo que sugiere una interacción significativa entre las corrientes encauzadas por los espigones de escollera y el oleaje incidente. Bibliografía Edwards, M., D. Madsen, C. Stringham, A. Margulis, B. Wicks y D. G. Long, 2008. MicroASAR: A small, robust LFM-CW SAR for operation on UAVs and small aircraft, IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp., Vol. 5, pp. V-514-V-517. Farquharson, G., H. Deng, Y. Goncharenko y J. Mower, 2014. Dual-beam ATI SAR measurements of surface currents in the nearshore ocean, Geosci. IEEE Int. Remote Sens. Symp., Quebec City, QC, pp. 2661-2664. Goncharenko, Y. y G. Farquharson, 2013. ATI SAR signatures of nearshore ocean breaking waves obtained from field measurements, IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp.

SE15-21 CARTEL

INSTALACIÓN DE UNA ECOSONDA MULTIHAZ EN EL BUQUE OCEANOGRÁFICO ALPHA HELIX DEL CICESE

González Fernández Antonio y Díaz Méndez Guillermo
 CICESE
 mindundi@cicese.mx

El conocimiento detallado del relieve submarino, así como de sus características geomorfológicas, es fundamental para contribuir al entendimiento de los procesos responsables de la formación y la evolución de las cuencas oceánicas. Los levantamientos batimétricos de alta resolución permiten, mediante una interpretación adecuada, la definición de zonas asociadas con valores altos de flujo de calor (centros de dispersión, edificios volcánicos submarinos, ventilas hidrotermales y áreas elevadas asociadas al emplazamiento de sills, por ejemplo). De esta forma, contribuyen a la gestión para el aprovechamiento sustentable de los recursos geotérmicos submarinos. Como parte del proyecto específico PE03 Campan#a Intensiva de Exploracio#n Geote#rmica de las Cuencas Wagner, Consag, Delfi#n, Guaymas y Alarco#n del Sistema de Rifts del Golfo de California del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo), a principios de 2015 se adquirió un sistema hidroacústico multihaz con el fin de realizar levantamientos batimétricos de alta resolución para obtener una imagen clara de la distribución de flujos de calor y gradientes térmicos en las zonas de interés. El sistema se instalará de forma permanente en el buque oceanográfico Alpha Helix (BOAH) del CICESE y consta de una ecosonda multihaz (EM302 de Kongsberg Maritime) con un rango operativo de 10 a 7000 m de profundidad, un sensor de movimiento inercial para el buque (Seapath 300, también de Kongsberg Maritime), dos antenas receptoras de GPS, dos termosalinómetros (SVP70 de Teledyne RESON y Midas SVX2 de Valeport) para calcular la velocidad del sonido en el agua y un equipo de cómputo como interfaz de usuario. En este trabajo presentaremos las características del sistema multihaz, las adecuaciones necesarias en el exterior y el interior del BOAH, así como los trabajos de diseño y fabricación de la góndola de acero que irá soldada en su casco. En ella se alojarán el arreglo de ocho transductores (cuatro transmisores y cuatro receptores) de la ecosonda, el termosalinómetro SVP, y los transductores de otros instrumentos hidroacústicos con los que actualmente cuenta el BOAH.

SE15-22 CARTEL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS PARA LA ADQUISICIÓN, ALMACENAMIENTO Y TELEMETRÍA SATELITAL DE LOS DATOS ADQUIRIDOS CON LAS BOYAS OCEANOGRÁFICAS COSTERAS (BOC) DEL CIGOM

Martínez Osuna Juan Francisco, Ortiz Huerta Ernesto, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso, Ceseña Alfredo, Ojeda Arechiga Rogelio y Ocampo Torres Francisco Javier
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 jmartine@cicese.mx

El Consorcio de Investigación del Golfo de México surge a principios de 2015 con el objetivo de crear un sistema integral de observaciones y modelos numéricos con el fin de evaluar consecuencias e impactos de posibles derrames de hidrocarburos en el Golfo de México. Dentro del proyecto se implementaron cinco líneas de acción entre las que se encuentra la línea denominada "plataformas de observación oceanográfica", que consiste, entre otras cosas, en la fabricación de boyas para monitoreo de diferentes variables oceanográficas y meteorológicas en el Golfo de México. En este trabajo se describe el sistema electrónico, de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos, diseñado e integrado en el Departamento de Oceanografía Física del CICESE para las Boyas Oceanográficas Costeras (BOC) instaladas en el Golfo de México. El núcleo es un sistema embebido con procesador I.MX6 ARM-Cortex A9 cuya función principal consiste en ejecutar programas desarrollados en lenguaje Python para adquisición, almacenamiento y transmisión de datos de los diferentes sensores. Además, se diseñó un módulo de reguladores de voltajes (VRM por sus siglas en inglés), que incorpora un microcontrolador de propósito específico, un circuito para monitoreo del voltaje de la batería, dispositivos reguladores de voltaje, circuitos de protección de sensores en caso de polarización inversa o cortocircuito y expansión de puertos. Este módulo será reemplazado en un futuro por el módulo MARVI (Módulo de Adquisición y Regulación de Voltaje Inteligente) que presenta considerables mejoras. La información recabada de los diferentes sensores se almacena en memoria microSD principalmente y se tiene redundancia en un disco duro externo de estado sólido mientras que la transmisión de los datos hasta el servidor de cómputo instalado en el CICESE se realiza a través de la constelación de satélites IRIDIUM.

SE15-23 CARTEL

**MÓDULO DE ADQUISICIÓN Y REGULACIÓN DE VOLTAJE
INTELIGENTE PARA BOYAS OCEANOGRÁFICAS**

Ojeda Rogelio, Ortiz Huerta Ernesto, Valenzuela Palacios Ernesto
Alonso, Ceseña Alfredo y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
rojeda@cicese.mx

La creciente demanda en los sistemas de adquisición de datos provenientes de sensores y la necesidad de comunicarse con ellos remotamente, crea oportunidades para mejorar las tecnologías de automatización y redes de comunicación entre sistemas. El avance tecnológico requiere que los dispositivos soporten cada vez mayores velocidades de procesamiento y que además sean capaces de operar en ambientes hostiles, por ejemplo, bajo condiciones de estrés causadas por descargas electrostáticas (ESD) o interferencias electromagnéticas (EMI), las cuales pueden detener por completo o dañar la transmisión de datos entre dispositivos electrónicos. En este trabajo, se presenta un Módulo de Adquisición y Regulación de Voltaje Inteligente (MARVI), diseñado e implementado en el departamento de Oceanografía Física del CICESE, el cual está formado por dos placas de circuitos impresos (PCB) de 4 capas cada una y diseñado para proveer protección y regulación de voltaje (a través de convertidores DC-DC aislados de grado militar), diseñado para reducir las interferencias electromagnéticas (EMI) y proteger a los circuitos integrados de descargas electrostáticas (ESD), además de tener controladas las impedancias de las líneas de transmisión de los diferentes protocolos de comunicación que se implementan en ella. MARVI es capaz de adquirir señales de 26 sensores o dispositivos diferentes, con dos protocolos de comunicación diferentes, 14 dispositivos con protocolo UART y 12 dispositivos con USB2.0. La información recolectada es enviada a través de una sola salida USB2.0, la cual se puede conectar a cualquier computadora donde se desee realizar el procesamiento de los datos. MARVI también incluye sensores de humedad, temperatura, presión y sensores de movimiento con 6 grados de libertad, para el monitoreo continuo de el ambiente en donde se encuentre montada la electrónica, el modulo es gobernado por un microcontrolador de 16 bits de bajo consumo de energía (MSP430 de Texas Instruments) el cual tiene como funciones principales el control total del encendido y apagado de los interruptores de carga, en caso de que se desee apagar a los sensores de mayor consumo, y la medición del voltaje de las baterías del sistema.

Sesión especial

**CARACTERIZACIÓN, MANEJO,
CONSERVACIÓN Y PROPUESTAS
DE USO DE LOS PAISAJES
KÁRSTICOS DE MÉXICO**

Organizadores:

Francisco Bautista

Yameli Aguilar

Patricia Fragoso

SE16-1 PLÁTICA INVITADA

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SUELOS EN
AMBIENTES GEOMORFOEDAFOLÓGICOS
KÁRSTICOS EN QUINTANA ROO, MÉXICO**Fragoso Servón Patricia¹, Pereira Corona Alberto¹ y Bautista Francisco²¹Universidad de Quintana Roo, UQROO²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
pfragoso2012@gmail.com

El estado de Quintana Roo se encuentra en la zona kárstica más grande del país, con base en la definición de ambientes de Alfred Zinck y considerando las características morfométricas junto con los grupos de suelo presentes, la vegetación y el clima se identificaron siete Ambientes Geomorfoedafológicos representativos (Costero, Palustre, Semipalustre, Kárstico, Karst de Yeso, Tectokárstico y Mixto). El Ambiente Geomorfoedafológico Kárstico se produce por los procesos de disolución de la roca caliza por efecto de la acción conjunta del agua proveniente de la precipitación y la biota, como resultado se desarrolla con mayor intensidad el relieve negativo exokárstico (dolinas, úvalas y poljes) y endokárstico (cuevas y cavernas). El objetivo fue analizar la distribución espacial de los suelos considerando los factores formadores y elaborar el mapa de los suelos presentes en el Ambiente Geomorfoedafológico Kárstico del Estado a escala 1:50000. Se trabajó en dos vías, por un lado, el análisis morfométrico y por otro, la evaluación de la información edafológica considerando los datos del sitio de muestreo, la descripción de perfiles y los resultados analíticos. Se realizaron verificaciones de campo y se analizó la información geomorfológica y edáfica de manera conjunta para elaborar el mapa de la distribución de suelos. El Ambiente Geomorfoedafológico Kárstico ocupa el 29.26% de la superficie del Estado, una superficie similar al Ambiente Tectokárstico. Se presentan tres subtipos: de planicies subhorizontales donde los suelos representativos son Leptosol/Cambisol con vegetación de Selva Baja Subperennifolia y Selva Mediana Subperennifolia. De planicies onduladas y acolinadas donde se desarrollan suelos más profundos, siendo los dominantes Leptosol/Cambisol/Luvisol con vegetación de selva baja y mediana subcaducifolia. Finalmente, de lomeríos con Selva Mediana tanto Subperennifolia como Subcaducifolia y en algunos lugares de Selva Baja Subperennifolia se presentan Leptosol/Luvisol/Gleysol.

SE16-2

**ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE
FORMAS EXOKÁRSTICAS DE LA ISLA DE
COZUMEL POR MEDIO DE DATOS LIDAR**

Frausto-Martínez Oscar, Zapi Angelica y Colin Olivares Orlando

Universidad de Quintana Roo, UQROO
fraustomartinezoscar@gmail.com

A través de la manipulación de datos del terreno LiDAR de la isla de Cozumel se generaron insumos cartográficos con el fin de realizar un análisis geomorfológico del relieve exokárstico insular. Para ello, se migraron los datos superficiales en el software ArcGIS para: a) procesar 38 imágenes para generar un mosaico de datos; b) generación de mapas altimétricos, de pendiente y orientación; c) creación de curvas de nivel con equidistancia de 0.25 centímetros; d) reconocimiento de depresiones topográficas con resolución de 15 metros; e) identificación de las depresiones por medio del análisis de ortofotos a escala 1:4500; f) obtención de los datos morfométricos principales (altura, profundidad, superficie, eje mayor, eje menor, orientación del eje mayor); g) identificación de los modelos tridimensionales de las unidades reconocidas a través de ArcScene, y h) diferenciación de modelos de disolución kárstica superficial insular. Los resultados se resumen en la identificación de 2551 depresiones, cuya área varía de 10 a 9300 m²; 1387 presentan procesos de inundación y la altura máxima es de 11 metros. Se reconocen cuatro sistemas morfológicos: depresiones lenticulares, depresiones de colapso con y sin presencia de cuerpos lacustres (dolinas y cenotes), depresiones en forma de embudo con orientación preferencial (éstas últimas asociadas a cavernas) y depresiones asociadas a otros procesos. El problema central del método automatizado consiste en la subestimación de la superficie de las formas, de ahí la necesidad de corregir en función de la geometría tridimensional. Finalmente, cabe destacar que se tiene un censo de 56 dolinas y úvalas, por lo que, este estudio enriquecerá el acervo y la caracterización de los procesos de manejo kárstico.

SE16-3

**DRONES PARA EL ANÁLISIS DEL
RELIEVE Y MORFOMETRÍA DETALLADA
DE DEPRESIONES KÁRSTICAS**Gijón Yescas Gonzalo Neftaly¹, Aguilar Duarte Yameli
Guadalupe², Frausto-Martínez Oscar³ y Bautista Francisco⁴¹Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst A.C.²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP³Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel⁴Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
nethally@gmail.com

El análisis morfométrico del relieve a través de levantamientos sobre el terreno o sobre mapas y fotografías aéreas de vehículos tripulados exige mucho trabajo, tiempo y dinero. Actualmente, el uso de drones, equipados con cámaras compactas de alta resolución, tienen el potencial de revolucionar el monitoreo de las formas kársticas debido a la forma rápida, precisa y económica de recolectar imágenes aéreas de alta resolución en diferentes escalas, tanto espaciales como temporales. El objetivo de este trabajo fue el análisis morfométrico y del relieve de una depresión kárstica comparando el uso de imágenes satelitales y las obtenidas con un dron de bajo costo. El área de estudio fue un cuerpo de agua denominado "Polol", también conocido localmente como "aguada" o "cenote a cielo abierto" que técnicamente corresponde a una dolina en contacto con el acuífero. Polol se ubica en el municipio de Chapab, al sur de la ciudad de Mérida Yucatán, en la unidad morfológica de planicies kársticas ligeramente onduladas de entre 10 y 20 m de altitud. El plan de vuelo se realizó con la página web DroneDeploy con los parámetros: altura (80 m), traslape lateral (60%) y frontal (70%). El vuelo en campo se efectuó el 10 de septiembre de 2016 con un dron Phantom 3 Standard, sincronizándose con la App DroneDeploy (sistema operativo IOS). Se obtuvieron 259 imágenes para la obtención del ortomosaico (3.2 cm/pixel, WGS84 y formato geotiff), modelo 3D, nube de puntos y el modelo digital de superficies. El análisis y procesamiento consistió en: a) la migración de datos (imagen y nube de puntos en ArcGIS 10.4); b) elevación, pendiente y número de retornos en ArcMap y ArcScene; c) georeferenciación y manipulación de datos mediante clasificación de imágenes raster de rango visible; y, finalmente, e) diferenciación de las formas del relieve y análisis comparativo de las imágenes. La diferenciación se realizó con base en los elementos y formas del relieve. Los cambios del paisaje, identificando los elementos, formas y unidades a escala detallada. El análisis del ortomosaico obtenida con el dron, permitió la diferenciación a detalle de nueve unidades del relieve kárstico-lacustre: lago permanente, lago intermitente, zona sujeta a inundación, playa, boca, ladera inundada, ladera superior, escarpa y litoral lacustre, a diferencia de las observadas con la imagen de google earth. Los principales indicadores morfométricos, tanto para la dolina como para el lago, con ambos insumos, fueron: longitud máxima, ancho máximo, área, perímetro, compacidad y circularidad. De todos los anteriores, únicamente compacidad y circularidad presentaron ligeras diferencias entre ambos insumos. Para el resto de los indicadores se mostraron notables diferencias en sus cálculos tanto para la dolina como para el lago, siendo subestimados con la imagen de google earth y medidos con mayor precisión con el ortomosaico obtenido con dron. El presente ejercicio permitió la exploración de la complejidad del relieve, lo que permite una nueva propuesta en la diferenciación geomorfológica en el norte de la península de Yucatán.

SE16-4

LOS PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS DE CHIAPAS

Morales Horacio

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
horacio.morales@unicach.mx

La Geografía Física Compleja analiza al paisaje o geocomplejo como un sistema territorial compuesto por elementos naturales y antropogénicos condicionados socialmente, que modifican las propiedades de los paisajes naturales originales (Mateo, 1984). Los paisajes (también conocidos como geocomplejos, geosistemas, complejos territoriales naturales o geoeosistemas) son partes de la superficie que se distinguen cualitativamente de las restantes, poseen límites naturales o antropogénicos y tienen una definida integridad cualitativa. Se pueden definir, resumidamente, como sistemas territoriales compuestos por componentes naturales y complejos de diferente rango taxonómico, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentran en permanente interacción y se desarrollan históricamente (Mateo, 1984 y 2007). El objetivo del presente trabajo es conocer y cartografiar la estructura y composición de los paisajes naturales del estado de Chiapas a escala 1:250 000. Construidos bajo los principios: estructuro-genético e histórico-evolutivo (Mateo, 1984), los mapas de paisajes tienen relevancia en la planificación territorial debido a que proporcionan un inventario de los recursos naturales y además, establecen una zonificación sólida que permite evaluar al territorio de manera objetiva e integral, con fines socio-económicos. Los resultados indican que existen en el territorio 6 Clases, 19 Subclases, 118 Localidades, 181 Parajes Complejos y 450 Parajes Simples. En este sentido, Chiapas posee una elevada diversidad de paisajes con amplio predominio de los geocomplejos de génesis tectónico-carsificados y tectónico-intrusivos; aunque también están presentes geosistemas volcánicos, fluviales, lacustres y marino-terrágenos, entre otros.

SE16-5

RELACIONES KARSOTECTÓNICAS EN EL SUR DE QUINTANA ROO

Pereira Corona Alberto y Frausto-Martínez Oscar
Universidad de Quintana Roo, UQROO
apereiracorona@gmail.com

Dos conceptos que se dan por aceptados en geología son: 1. Fallamientos y fracturas corren a lo largo de líneas de debilidad estructural de las rocas; y 2. Canales y formas de disolución kárstica forman conductos preferenciales sobre zonas y líneas de debilidad estructural de las rocas calizas. La Península de Yucatán es una enorme plataforma caliza que además de la disolución característica de este tipo de materiales ha sufrido diferentes procesos tectónicos por compresión con la Cordillera Centroamericana que se manifiestan como procesos de plegamiento y fracturas en su porción sur. El objetivo del trabajo fue determinar la relación existente entre los procesos de kársticos y tectónicos en el sur de Quintana Roo como funciones posiblemente asociadas a líneas de debilidad estructural en la plataforma kárstica mediante procedimientos de análisis geográfico y funciones de probabilidad de agrupamiento de los atributos a partir del Índice de Agregación de Morisita. La cartografía utilizada está en escala 1:50000, tanto para los procesos kársticos como los tectónicos al menos para las dos escalas de referencia utilizadas en el análisis de agregación que fueron 1 y 100 Km² respectivamente. Los resultados muestran un patrón de asociación entre los procesos de disolución y los procesos de fallamiento y fracturas identificables superficialmente en el terreno. Se identifican así zonas de debilidad diferenciada asociadas a las facies de contacto entre las formaciones de diferente temporalidad, zonas de fractura mayores, zonas de compresión y planicies estructurales. Desde el punto de vista del karst, aunque ligera, la diferenciación en la dominancia de las diferentes formas de disolución puede asociarse a las cuatro categorías formadas a partir de los atributos del terreno. Se puede considerar, de los resultados obtenidos que hay en el terreno evidente hoy en día, el resultado de una combinación de procesos kársticos y tectónicos con dominancia diferencial en su manifestación externa dependiendo de la naturaleza, antigüedad y características litológicas del terreno. La metodología empleada resultó adecuada para poner de manifiesto procesos polifiléticos de formación del terreno en zonas de contacto entre regiones kársticas tectónicas al menos para la porción sur de la Península de Yucatán.

SE16-6

RESPUESTA DE UN ACUÍFERO KÁRSTICO A EVENTOS DE LLUVIA OBTENIDA A PARTIR DE IMÁGENES DE RADAR DOPPLER

Núñez Fernández Tihui¹, Mariño Tapia Ismael¹, Rebolledo Vieyra Mario², Enríquez Ortiz Cecilia³, Simoes Nuno³ y Chávez Solís Efraín³

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN

²Centro de Investigación Científica de Yucatán, CICY

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tihui.nunez@cinvestav.mx

Mediciones de nivel freático a obtenidos a partir de sensores de presión ubicados en 4 lugares del Estado de Yucatán (abarcando un área aproximada de 1000 km²), mostraron un aumento súbito y considerable en la columna de agua (~50 cm en menos de 10 horas). Este aumento está asociado a un evento de tormenta tropical (No. 9, Hanna) que influyó a la península de Yucatán entre el 21 y 23 de Octubre 2014. Información de precipitación pluvial proveniente de estaciones meteorológicas (Mérida y Celestún) no explica el aumento del nivel registrado en las 4 localidades muestreadas. Debido a esto, se recurrió a las imágenes del Radar Doppler de Sabancuy, que permite obtener información más detallada del área, intensidad y duración de la lluvia en un radio de 300 km. Asociar la información de variaciones de niveles freáticos y de precipitación a diversas escalas espaciales y temporales, permitirá inferir los de flujos de agua a nivel regional. La lluvia que cae en cierta región aumentará localmente el nivel freático generando gradientes de presión que gobernarán localmente el flujo subterráneo, propagando esta onda a otras regiones del acuífero. Se espera que las regiones mejor comunicadas y más cercanas a la zona de lluvia más intensa muestren una respuesta más clara e inmediata. Los datos del radar muestran un patrón de lluvias en forma de parches con las coberturas e intensidades más fuertes en la región SW de la península durante el día 21 de Octubre, fecha en la que se observa el incremento de nivel más drástico en un cenote cercano al sur del anillo de cenotes (Kankirixche). La onda generada por este evento de lluvia se propaga preferencialmente a la región Este del estado, pero también llega atenuada a la región Oeste. La influencia del evento llega a sentirse hasta la ciudad de Mérida pero disminuida en un 35%.

SE16-7

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO SOMERO EN YUCATÁN PARA EL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO INTERIOR

Ordóñez Mayra Noemi
Centro de Investigación Científica de Yucatán, CICY
mayranoemi.ordonez@gmail.com

El subsuelo de la península de Yucatán está constituido por sedimentos calcáreos. La geología superficial se caracteriza por la poca existencia de suelo (alrededor de 20 cm) y se compone principalmente de calizas del terciario. Las calizas en superficie forman una coraza calcárea (o reblandecida) conocida localmente como laja o chaltún, es de extrema dureza, buena permeabilidad y tiene un grosor de varios metros. La ausencia de arcillas y margas sobre las calizas provoca la ausencia de corrientes superficiales debido que las lluvias saturan el terreno, colman el bajo relieve y se infiltran al subsuelo, formando un relieve cárstico donde las aguas subterráneas se depositan en cavernosidades como grutas o sumideros, localizadas a profundidades someras. La combinación de material rocoso y agua constituye un yacimiento térmico de gran capacidad calorífica, susceptible de remover o proporcionar calor. Existen algunas técnicas que permiten el aprovechamiento del potencial térmico del subsuelo; entre las más sencillas están los intercambiadores de calor o sistemas de intercambio de calor aire a tierra (earth to air heat exchanger). En este sistema, el subsuelo actúa como un disipador de calor, es decir, absorbe el calor excedente del aire durante el verano, o bien, cede calor durante el invierno, utiliza el aire del ambiente como medio de transporte, de esa forma la vivienda o edificio mantiene una temperatura constante a lo largo del año, reduciendo el uso de los sistemas de aire acondicionado, como consecuencia, reducen en el consumo de energía eléctrica y mitigan el impacto ambiental a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo de este trabajo es analizar las características térmicas del subsuelo de Yucatán, y evaluar su potencial para fines de acondicionamiento térmico interior. Para ello se estudiará el gradiente térmico en función de la profundidad en un sitio representativo del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán (PCTY), se tomará en cuenta la composición del subsuelo y se evaluarán las propiedades termofísicas del mismo. Además, se estudiará la transferencia de calor en el subsuelo a partir de un modelo matemático.

SE16-8 CARTEL

COMPARACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO CONCEPTUAL Y UN MODELO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA SIMULACIÓN DE CAUDALES EN UNA CUENCA CÁRSTICA

Dávila Ortiz Rodrigo¹ y Velázquez Zapata Juan Alberto²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²CONACYT - El Colegio de San Luis
rodrigo.davort@hotmail.com

Los sistemas cársticos son el resultado de la disolución de rocas carbonatadas originando la formación de extensos sistemas de grutas, pozos, galerías y dolinas. Estos sistemas se caracterizan por la intensa infiltración de agua al subsuelo la cual puede emerger posteriormente a través de manantiales. Las formaciones cársticas son interesantes desde un punto de vista de la hidrología superficial ya que el intercambio de agua con el subsuelo presenta un desafío para la modelación, pues existen importantes pérdidas o aportaciones de agua al caudal. El presente trabajo tiene como objetivo la modelación hidrológica de un sistema cárstico mediante el uso de un modelo hidrológico conceptual y de un modelo de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Se seleccionó el modelo conceptual global GR4J el cual está basado en ecuaciones físicas y semi-empíricas con los que se representa el régimen hidrológico de la cuenca. Por su lado el modelo RNA utiliza datos hidrometeorológicos como entrada, y a través de un proceso de autoaprendizaje, simula las salidas de la cuenca. Como caso de estudio se utilizó la cuenca del Río Gallinas ubicada en la Huasteca Potosina la cual pertenece a la subprovincia fisiográfica conocida como Carso Huasteco. Los resultados en la simulación de caudales con el modelo GR4J indican cierto grado de sobrestimación de los caudales bajos; por otro lado, los resultados obtenidos con RNA muestran una buena correspondencia entre los caudales simulados y los observados.

Sesión especial

CHIHUAHUA RAÍCES Y PERSPECTIVAS

Organizadores:

Ignacio Alfonso Reyes Cortés
Víctor Hugo Galván

SE17-1

CHIHUAHUA RAÍCES Y PERSPECTIVAS GEOLOGICO-MINERAS

Reyes-Cortés Ignacio Alfonso¹, Galván Víctor Hugo² y Lucero-Álvarez Jorge¹¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH²First Majestic Silver Corporation
ireyes@uach.mx

La colonización de la nueva Vizcaya fue impulsada por el desarrollo de nuevos centros mineros y el conocimiento de la geología, en particular de las alteraciones y mineralizaciones asociadas. Esto abrió el campo de la investigación ampliamente desde los yacimientos minerales redituables económicamente, hasta el impacto de los halos de dispersión secundarios en la salud de los centros de población aledaños. Diego de Ibarra, quien hizo fortuna en Zacatecas, reclutó un ejército bien armado al mando de Francisco de Ibarra y lo envió en 1554 a explorar tierras, descubrir minas, fundar villas y evangelizar. Por 8 años recorrió los territorios de Durango, por lo que fue nombrado gobernador de ese nuevo dominio español Reino de la Nueva Vizcaya con capital en la villa de Durango. Con esto en la mente se propone hacer una revisión de los documentos, estudios y reportes técnicos que han contribuido al desarrollo de esta importante provincia metalogénica, donde los gambusinos desde 1554 se dieron a la tarea de recorrer el territorio y descubrir nuevos prospectos. Los modelos genéticos de los yacimientos minerales se han venido modificando y la distribución de los depósitos empieza a tener otra dimensión. El modelo periplutónico inicial de Lindgren ahora se aprecia más como distribución de equilibrio químico, que como termodinámico. La relación de la composición del basamento y los esfuerzos (presión-temperatura), determinan la distribución espacial de los depósitos. Por ello se hace la propuesta, que esta sección vaya incrementándose a lo largo de los años, con contribuciones de los nuevos hallazgos, así como con los reportes de los prospectos y fundos mineros antiguos. El desarrollo de las teorías del emplazamiento de los yacimientos minerales, así como las técnicas de extracción y recuperación de los minerales ha progresado mucho. Y esta sección es para dar cabida a todos los interesados que quieran participar en documentar sus experiencias de trabajo en áreas remotas, pero con retos de conocimiento y técnicos importantes. Inclusive experiencias que estén teniendo con yacimientos de nivel global. Específicamente, a información que ya no esté en condición de confidencial o restringido, donde los estudiantes encuentren la información a la mano sobre sus proyectos potenciales de tesis. Se hace una propuesta ya que el tema de yacimientos minerales se considera que poco se ha tratado en la Reunión Anual de la UGM. Consideramos que es tiempo que se abra un espacio en estas reuniones anuales al área de la exploración y prospección, que si bien es cierto en un inicio las técnicas de exploración fueron más directas, con anomalías de color de los halos de dispersión, con geoquímica, en la actualidad existen técnicas geofísicas mucho más especializadas para lograr éxitos con el apoyo geológico.

SE17-2

EVIDENCIA GEOLÓGICA DEL RIFT RIO GRANDE EN CHIHUAHUA, MÉXICO

Zamora-Piña Yamileth, Baeza-Galván René Alejandro,
Franco Rubio Miguel y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a271396cisneros@gmail.com

Para entender mejor la historia tectónica de esta región y lo que estaba ocurriendo durante el Cenozoico temprano, es necesario revisar el entorno. El margen occidental de Norteamérica pasaba de una zona de subducción a una de transformación, ya que la placa de Farallón dejó de subducir bajo la placa norteamericana. La orogenia tipo Laramide introdujo un período importante de construcción de montañas (70-40 Ma), en EUA y México. Algunos autores creen que la interacción entre las placas de Farallón y norteamericana pudo haber causado una zona de deformación compresional y transpresional en la vecindad donde actualmente está el Rift de Río Grande, preparando el escenario para la futura actividad tectónica en el centro de Nuevo México. Un período de volcanismo ocurrió en los EUA y México (45-30 Ma). La litosfera debilitada por la inyección de magmas calientes y la actividad volcánica prevaleció. En EUA está documentada la presencia del Rift, pero desaparece cuando llega a la frontera. Este trabajo busca documentar evidencia del Rift Río Bravo en el Chihuahua. El Rift empezó a formarse hace 35-29 Ma, cuando la litosfera comenzó a separarse. La primera extensión de la fase fue marcada por la formación de cuencas anchas, ligadas por fallas de bajo-ángulo a través de la traza de la grieta. La segunda fase, hace 15 Ma, marcada por la apertura de fosas en la parte norte y centro de la grieta, incluyó volcanismo máfico. A medida que la corteza se separa, en Albuquerque, un bloque de 86 km de ancho comenzó a hundirse. Actualmente, el Río Grande fluye a través de esta zona baja. Los lados de esta grieta siguen levantándose, flanqueando los ríos Grande y Puerco. Esta es una depresión de miles de metros con respecto al terreno circundante. Las montañas de Sandia al este de Albuquerque son el resultado de la elevación que ocurrió mientras el Rift de Río Grande se estaba formando (10 Ma). Ahora, el Río Grande erosiona y forma el paisaje en el que fluye a través de sedimentos blandos. El valle central de la grieta es la traza del Río Grande. Se pretende documentar evidencia de la existencia del Rift Río Bravo en el estado de Chihuahua a través de; hacer la comparación fotogeológica entre el Rift Río Grande y Chihuahua. Interpretar la relación entre las estructuras geológicas y la traza del Rift hacia Chihuahua. Realizar una correlación

entre la actividad volcánica, sísmica y geológica para definir la posible traza del Rift. Se leerá y analizará bibliografía referente al Rift Río Grande, para identificar las estructuras y litologías presentes en la zona. Por medio de imágenes satelitales se buscarán coincidencias entre el área documentada del Rift y la traza que se teoriza. Se compararán las cartas geológicas de EUA y de Chihuahua, buscando estructuras asociadas al Rift. En base a la actividad volcánica y sísmica reciente se elabora un mapa por el método estadístico inverso a la distancia, que nos mostrara la posible traza trayectoria del Rift.

SE17-3

CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN FALOMIR DEL CERRO CARRIZALILLO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Pedraza-Rodríguez Valeria, Daniel-Esparza Marco Antonio, Cisneros-Cano
Jesús Ismael, Oviedo-García Angélica y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a291355@uach.mx

Los trabajos previos de la zona indican que la Formación Falomir está constituida por 100 metros de Cuarzitas y areniscas cuarzíticas de color rosa a rojiza, intercalada con horizontes limo-arcillosos de tonalidades oscuras y pardas, mientras que en otros autores declaran que es una unidad compuesta por 205 m de espesor, distribuidos en tres miembros. Se hace un levantamiento con-detalle sobre la Formación Falomir para verificar el espesor y la litología. Esta información ayudará a realizar una correlación y equivalencia en otras localidades donde se encuentra aflorando. Se pretende que aplicando la ley de Walter, que establece que las litologías que se suprayacen entre sí en forma concordante deben haberse acumulado en ambientes de depósito adyacentes, se puedan hacer conversiones de datos verticales a un conjunto horizontal, para estimar la distribución de depósito horizontal. Ya que la ley de Steno establece simplemente que en una secuencia no deformada de rocas sedimentarias, cada estrato es más antiguo que el que tiene por encima. El objetivo es la caracterización de la Formación Falomir del cerro Carrizalillo, intentando realizar una correlación con otras unidades equivalentes de otros lugares. Esto involucra la elaboración de estudios petrográficos y paleontológicos, así como de análisis de estructuras sedimentarias primarias. Se ha obtenido información reciente de la Formación Falomir en el Cerro Carrizalillo que muestra diferencias con las descritas en trabajos anteriores, además en la información disponible de sitios de unidades equivalentes tanto en el estado de Sonora como de los Estados Unidos, se puede interpretar con mayor detalle el ambiente de depósito y las características predominantes. En este trabajo se hace una descripción del avance del proyecto de tesis.

SE17-4

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y PETROGRÁFICA DEL INTRUSIVO Y DIQUES EN SIERRA NOMBRE DE DIOS, CHIHUAHUA, MÉXICO

García-Llanas Daniel Adrián¹, Espejel García Vanessa Verónica¹,
Vázquez-Montana Jesús Arístides² y Villalobos Aragón Alejandro¹
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
²Grupo Cementos de Chihuahua
garciallanasdaniel@gmail.com

La sierra Nombre de Dios se localiza en la porción oriental de la ciudad de Chihuahua, México. Dicha sierra está conformada principalmente por formaciones calcáreas de edad Mesozoica las cuales son intruidas por una serie de cuerpos ígneos que cortan a la serie carbonatada en una amplia zona. Esta relación intrusivo-caliza se puede definir como discordancias en relación a la deposición de estos cuerpos, debido a que la actividad que los generó es completamente distinta y difiere en edades hablando en tiempo geológico. Actualmente, el área se encuentra en etapas de explotación por parte de una empresa cementera Chihuahuaense, y es ahí donde surgió la necesidad de caracterizar y clasificar dicha secuencia de rocas ígneas para determinar procesos geológicos responsables del emplazamiento de las unidades, y muy importante para definir los planes de minado en base al comportamiento geológico y geoquímico en la cantera de dicha empresa. El objetivo del proyecto es la caracterización y descripción de las rocas intrusivas centrándose en la petrografía, geoquímica, distribución y abundancia de elementos químicos para la interpretación de procesos geológicos. El área está conformada por una serie de intrusivos graníticos y diques de composición intermedia, los cuales son producto del emplazamiento magmático de un intrusivo que sufrió una evolución en cuanto a la composición primaria. La clasificación se realizó con petrografía de secciones delgadas, mediante descripción de mineralogía y textura de las rocas. Gracias a la técnica analítica de análisis instrumental de fluorescencia de rayos-X (XRF), se obtuvieron análisis de roca total, los cuales permitieron obtener concentraciones de elementos mayores y traza para utilizarlos en diagramas de clasificación y discriminación, que indican el tipo de ambiente tectónico responsable de la conformación del área. Diversos elementos traza, tales como Rb-Sr, son indicadores de ambientes de formación de rocas félsicas, y otros como el Y-Nb, fueron usados para las rocas intermedias. Estos análisis arrojaron como resultado un ambiente de arco volcánico, coincidiendo con la historia geológica regional y relacionándose con otras unidades adyacentes. Dichos cuerpos ígneos se describen como resultado de esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide de tectónica transcurrente, y finalmente un evento extensional que dio como resultado

la morfología actual del terreno. El área muestra una geología compleja que se ve reflejada en las diversas composiciones de los afloramientos de rocas ígneas, y la razón del por qué se observan unidades de composición variable es debido a la evolución de la composición del magma durante los eventos de orogénesis del Cenozoico, donde el líquido magmático va asimilando nuevo material cortical tanto oceánico como continental.

SE17-5

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE RADIACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MEXICO

Lozano-Hernández Joselyn, Arzate-Lem Sergio, Cisneros-Cano Jesús
Ismael, Hinojosa de la Garza Octavio Raúl y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a271396cisneros@gmail.com

La radiación es un fenómeno natural: los átomos inestables se transforman espontáneamente por decaimiento liberando radiación, esta propiedad natural se denomina como radioactividad. La naturaleza es rica en radioactividad y radiación natural. Las principales fuentes de radiación natural son la proveniente del espacio, que continuamente bombardea a la Tierra con radiación cósmica externa, tanto solar como estelar; así como la de los materiales radioactivos naturales presentes en la Tierra. Las rocas generan radiación a través del decaimiento de diversos elementos contenidos en sus minerales, particularmente de las rocas graníticas. Los elementos más importantes en la generación de radioactividad en las rocas son el potasio, el uranio y el torio, pero no son los únicos. Otro elemento importante en la generación de radioactividad ambiental es el gas radón que se genera por el decaimiento del uranio y el torio, ambos presentes en la corteza terrestre. Este gas asciende a la atmósfera desde los cuerpos intrusivos a profundidad. Muchas veces el radón se ve atrapado en algunos espacios de hogares y edificios que se mantienen encerrados. La concentración anormal del gas provoca daños a la salud. El estado de Chihuahua está formado por rocas que tienen concentraciones anormales de minerales radiactivos primarios, como la uranita y peachblend y secundarios como el uranofano, weeksita y tyuyamunita que han sido estudiados por diferentes autores en trabajos anteriores. Estos minerales provocan que la radiación en gran parte del estado y en particular, en la ciudad de Chihuahua sea más alta que en el resto de las ciudades. También se debe considerar que la ciudad de Chihuahua se encuentra construida sobre un sistema de fallas y fracturas por la cual se escapaba de forma constante gas radón. Gas que se genera a partir de los intrusivos que sirven de basamento somero a las rocas aflorantes del área, inclusive el intrusivo aflora en un área significativa. El gas radón escapado por las fracturas del terreno contribuye a aumentar el nivel de radiactividad de fondo de la ciudad. Se recorrió el campus de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), con un contador Geiger o cintilometro y un GPS, con los cuales se tomaron datos de la radiación de fondo y de las coordenadas geográficas de estos puntos, para generar una base de datos para construir un mapa de radioactividad. Usando el método matemático de inverso a la distancia, se dibujó el mapa de isoradas. Así fue posible detectar las zonas en la Facultad de Ingeniería que presentan un mayor nivel de radiación. De igual forma en este mapa se pudo interpretar y definir la traza de las fracturas y los parteaquas que atraviesan el campus de la Facultad de Ingeniería de la UACH.

SE17-6

PERSPECTIVAS DE LA ZONA MINERALIZADA DE PALMAREJO, CHIHUAHUA, MÉXICO

González Guerrero Kevin Raudel¹, Galván Víctor Hugo² y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
²First Majestic Silver Corporation
kevinraudelgg@gmail.com

Los yacimientos de Oro de México se encuentran en la Sierra Madre Occidental, compuesta por rocas riolíticas y andesíticas del Terciario temprano, asociada a cuerpos pór-fido cuarzomonzonítico. El depósito mineral se compone de: vetas de cuarzo, stockworks, brechas, diseminados y pófi-dos. Por otra parte, los depósitos argentíferos de se forman en estructuras como: stockworks, diseminados, mantos, chimeneas y vetas, que han sido interpretados a ser de origen epitermal y mesothermal ocasionalmente. En la zona mineralizada de Palmarejo los primeros trabajos efectuados datan de la colonia española, en 1620, prolongándose por 70 años. Pero se tienen datos sistemáticos desde 1818, cuando la compañía inglesa "The Palmarejo and Mexican Gold Fields Ltd" adquirió la mina con numerosas y grandes propiedades que cubrieron todas las zonas mineralizadas y donde desarrollaron una gran cantidad de pequeñas operaciones mineras durante un siglo. Las operaciones de las minas fueron cerradas en los años de 1910 a 1920 debido a la revolución mexicana. Desde entonces la mina estuvo abandonada. Pero en el año 1961, con la terminación del ferrocarril Pacífico-Chihuahua, es cuando una Compañía Mexicana hizo renacer la esperanza, porque ese ferrocarril cambió la economía de la mina. La zona mineralizada de Palmarejo se sitúa en el distrito minero de Chínipas, cerca de los límites con el estado de Sonora. Esta provincia coincide con la SMO, donde la mineralización principal es oro y plata, en estructuras vetiformes y en menor grado diseminados y stockwork, todos de origen epitermal. Los antecedentes recientes fueron realizados por el COREMI, ahora SGM en los

años 70s, 80s y parte de los 90s. A principios de siglo, el SGM realizó varios trabajos de exploración, enfocados principalmente a la geología y definición de proyectos, algunos de carácter regional y otros de áreas bien definidas. De igual forma han participado algunas universidades y empresas extranjeras, realizado trabajos de tesis y de exploración, a partir de los años setenta al 2008. La mineralización de la zona Palmarejo se encuentra en la unidad Terciaria-paleoceno Tpa A-Ar, andesita-arenisca como roca encajonante, la mineralización se encuentra en vetas rellenando fisuras, algunas vetas se continúan por 300 m con espesores de 1.0 a 2.0 m. Las estructuras principales se emplazan dentro del sistema de rumbo NW- SE. La mineralogía se puede separar en dos zonas, en la zona norte se observa una mineralización de óxidos, y en la parte sur-suroeste está representada principalmente por sulfuros. En la zona de los óxidos se observaron jarosita y hematita, y en los sulfuros se observaron pirita, argentita, manganeso y en ocasiones bornita. Las alteraciones en la parte norte consisten de oxidación y argilitización con algo de silicificación. En la parte S-SW se presenta oxidación y silicificación. El origen de la mineralización se considera epitermal.

SE17-7

DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN, MULATOS, SONORA, MÉXICO

Nava-de la Peña José Sebastián¹, Galván Víctor Hugo² y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
²First Majestic Silver Corporation
josebastianava@gmail.com

Este tipo de depósitos (de Au-Cu-Ag) están estrechamente relacionados a la actividad volcánica subaérea, producto de arcos volcánicos, a las rocas con afinidad calco-alcalina. Un sistema epitermal de alta sulfuración se divide en tres niveles: someros (cuando su formación es a una profundidad no mayor de 500 m); intermedio; y profundo, cuando su formación es a más de 1000 m de profundidad, casi en contacto con algún cuerpo intrusivo, preferentemente pórfido (fuente de calor, responsable de la circulación de fluidos en el ambiente de depósito). Cada nivel de este sistema tiene propiedades específicas que los caracterizan como lo puede ser: la roca encajonante, la forma del depósito, las texturas, las alteraciones asociadas, los minerales de ganga y los minerales de mena. El estilo de mineralización refleja el nivel de formación del sistema de alta sulfuración (Sillitoe, 1999). La mineralización en el distrito de Mulatos se conforma de electrum rico en Au, enargita – tenanita y en menores proporciones, otros sulfatos y sulfosales de Cu, Zn, Bi y Fe, así como teluros de oro. El oro, está asociado a pirofilita/caolinita-dickita, al sílice pervasivo así como al cuarzo Vuggy, encontrándose mayormente en el último. Apartir de la recopilación de información y a la luz del nuevo conocimiento, se puede decir que, el depósito de alta sulfuración de Mulatos muestra las fases de dos niveles de formación, de un sistema epitermal según el modelo de Sillitoe, del que se hace la descripción correspondiente y la conclusión a la que se ha llegado provisionalmente en este proyecto.

SE17-8

CARACTERIZACIÓN DE XENOLITOS DEL VOLCÁN EL JAGÜEY-LA BREÑA, DURANGO, MÉXICO

Cisneros-Cano Jesús Ismael¹, Hinojosa de la Garza Octavio Raúl¹,
Pérez Venzor Juan de Dios² y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³
¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
²Servicio Geológico Mexicano
a271396cisneros@gmail.com

El volcán el Jagüey-la Breña, se encuentra a 40 km al norte de la ciudad de Victoria de Durango, Durango, México. En la zona se han encontrado diferentes tipos de xenolitos, siendo los más abundantes los xenolitos de peridotitas y seguidos de los xenolitos de granito. El objetivo del proyecto es la caracterización de los diferentes tipos de xenolitos, determinar su origen y composición. Se recorrió el área de interés para localizar xenolitos de los diferentes tipos. Se seleccionaron algunas muestras para la elaboración de láminas delgadas. Las láminas delgadas se analizaron a través de un microscopio óptico, para hacer una descripción petrográfica de los xenolitos. Los cristales observados bajo el microscopio en las láminas delgadas muestran en común el fuerte fracturamiento, un indicador de la violencia en las erupciones del volcán. Se interpreta que los xenolitos de composición granítica pertenecen al basamento cortical y que los xenolitos de peridotita, seguramente pueden venir de mayor profundidad. Algunos granos de olivino presentan áreas con inclusiones con forma de halos; se interpreta que esto se debe al cambio de condiciones que experimentan los granos de olivino durante su ascenso a la superficie. Inclusive se considera que puede llegar a cambiar su composición al estar sometidos a presiones y temperaturas diferentes en este proceso de ascenso. Se puede interpretar que en esta área algunos de los granos de olivino siguen teniendo la composición original que tuvieron en el manto. El área de estudio, además de ofrecer información de la historia geológica reciente, presenta paisajes característicos especiales de procesos volcánicos y eventos históricos que rayan en las leyendas. Por este motivo se considera que se debe de conservar la zona del Volcán la Breña y si fuera posible elevarla a nivel de un Geoparque con reconocimiento internacional. Valor geológico-geográfico-paisajístico-histórico deberá ser aprovechado por los habitantes de la región, promoviendo la visita al sitio,

SE17-9 CARTEL

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE LA SIERRA COLORADA, DELICIAS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Aguilar-Rodríguez Daniela, Domínguez-Castillo Abel, Contreras-Esquivel Sara Deyanira, Villa-Paez Carlos y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 adaniela852@gmail.com

La geología en el estado de Chihuahua sobresale por su diversidad y complejidad en comparación con la del resto de la república mexicana, ya que presenta todos los ambientes geológicos existentes, desde el campo volcánico de rocas riolíticas más grande del mundo representado por la Sierra Madre Occidental, hasta las rocas precámbricas de edad greenviliense aflorando en varios sitios del estado, como por ejemplo el cerro de Carrizalillo. Sin embargo, debido al alto costo de la cartografía geológica, no toda la superficie del estado está lo suficientemente detallada, para que se hagan notar la gran complejidad que hay en cada una de las regiones. Por este motivo se decidió participar en este proyecto de investigación. El área se seleccionó en base a la carta geológico-minera a escala 1:250,000 del área de Delicias, Chihuahua, México. Hay inexactitud de los contactos de ciertas áreas debido a la escala que tiene. El proyecto abarca una zona específica para hacer la cartografía geológica de la Sierra Colorada. Para que una estructura pueda ser documentada a semidetalle, debe estar a una escala mínima de 1:50,000 o menor. El área de la Sierra Colorada se encuentra a 4 km de distancia de la carretera Chihuahua-Delicias, sobre el kilómetro 193 del tramo Jiménez-Chihuahua. En la carta geológico-minera antes mencionada del SGM, el material identificado se describe como ígneo; riolita y toba riolítica, ambas del paleógeno. Además del sedimento no consolidado del cuaternario; limo y/o aluvión. Esta investigación también incluye algunas secciones de verificación de campo, donde se recabaron datos de la litología de la zona, se observaron estructuras geológicas, que se describieron con detalle, así como los distintos tipos de alteración que prevalecen en la región. Se intenta describir los paisajes y unidades geomorfológicas del sitio, caracterizar las unidades litológicas aflorando en la superficie, describir y analizar las estructuras geológicas identificadas en las secciones verticales levantadas. Se recorrieron varias secciones dentro del área del proyecto, por lo que se tiene suficiente información de las estructuras descritas y que se puedan interpretar, así como de la litología que aflora tanto en la zona como en los alrededores. Durante los días de verificación de campo se colectaron muestras de roca, particularmente las que no coincidían con la información que aparece en la Carta geológico-minera. A raíz de esto se realizará una descripción petrográfica a mayor detalle para generar datos reales en la carta geológica a escala 1:50,000, así como generar información nueva de la zona. Se tiene como resultado un plano geológico con varias secciones geológicas verticales a escala 1:25,000, la descripción a detalle de la petrografía de las unidades litológicas volcánicas y volcanoclásticas, así como la descripción geomorfológico paisajística de la región.

SE17-10 CARTEL

YACIMIENTO TIPO CRD, MINA LA ENCANTADA, COAHUILA, MÉXICO

Mendoza-Ortega Mario Iván, Nava-de la Peña José Sebastián, Pando-Caro Gemma Y, Covarrubias-Miramontes Luis A. y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 ivangeoort@gmail.com

El estudio minerográfico se realizó en los laboratorios de geología de la Facultad de Ingeniería de la UACH en el mes de abril del 2017. La mina La Encantada de la compañía First Majestic Silver Corporation se ubica en el municipio de Villa de Ocampo, Coahuila. Esta dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental. El emplazamiento de intrusiones en la espesa secuencia de carbonato favoreció la formación del yacimiento de La Encantada siendo este un depósito de tipo de reemplazamiento de carbonatos (CRD o Carbonate Replacement Deposit). Se realizaron superficies pulidas de varias muestras con el fin de identificar y describir los minerales económicos, así como su interpretación con sus posibles asociaciones mineralógicas. Este como el objetivo general del proyecto. El Estudio consistió en la elaboración de superficies pulidas de las muestras seleccionadas que fueron colectadas en la mina, se utilizaron cortadoras para generar un pedazo representativo de la muestra. Seguido por desbaste para producir una superficie plana, lo último es el pulido que permite la obtención de superficies lisas, exenta de huecos y rayas con ayuda de abrasivos de diferentes calibres y como lubricante agua. Realizadas las superficies pulidas se hizo el análisis minerográfico de cada una, observando las propiedades físicas de los minerales opacos, la asociación mineralógica, diferenciando los minerales económicos, las texturas de los minerales presentes, las alteraciones de los minerales de mena y ganga, así como el tipo de roca en la que se encuentra. Los resultados se expresaron en la tabla 1 donde se hace la descripción de las superficies pulidas realizadas. Como conclusión se tiene que la mineralización se encuentra alojada en las rocas carbonatadas que están en contacto con el intrusivo o con los fluidos que permearon en la roca encajonante y fueron reemplazadas hasta formarse el yacimiento. En las zonas que existen rocas brechadas (de los diferentes tipos de brecha asociados a la mineralización en este depósito), existe la presencia de sulfuros como minerales económicos, pero por el tamaño de la textura, bajo el microscopio, no se pudo definir bien las fases mineralógicas existentes y fue necesario utilizar otros medios de identificación.

Sesión especial

**EVALUACIÓN DEL RIESGO
ASOCIADO A FRACTURAMIENTO Y
FALLAMIENTO EN ZONAS URBANAS
- PROYECTO IGCP 641: M3EF3**

Organizadores:

Dora Carreón Freyre
Pietro Teatini
Gil Ochoa González
Raúl Gutiérrez Calderón

SE19-1

MONITOREO MULTITEMPORAL 3D DE LA SUBSIDENCIA DIFERENCIAL MEDIANTE ESCANER LASER TERRESTRE EN MORELIA, MICH.

Hernández Madrigal Víctor Manuel
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
vitorio_manuel@yahoo.it

La subsidencia es uno de los procesos hidrogeológicos más complejos que afectan a los asentamientos humanos del Centro de México, particularmente a los desarrollados sobre antiguos terrenos lacustres y fluvio-lacustres con registros recientes de abatimientos importantes del nivel freático. El daño de este proceso sobre las obras civiles se registra principalmente a lo largo de una franja de afectación caracterizada por hundimientos diferenciales y una respectiva falla de superficie. Estudios para evaluar el ancho de esta franja son prácticamente inexistentes. Los pocos trabajos que la evalúan se basan en la identificación de daños aplicando métodos heurísticos que hacen imposible su validación, además de aplicar exagerados factores de seguridad que provocan su sobreestimación. En este trabajo se presenta una metodología para estimar el ancho de influencia de la subsidencia diferencial, basada en el registro y comparación multitemporal 3D de nubes de puntos obtenidas mediante la técnica del Escaner Láser Terrestre. Durante un año de monitoreo se colectaron ocho nubes de puntos en dos fallas de superficie de la ciudad de Morelia, Mich. El registro y la comparación se realizaron aplicando el método Multi-Station Adjustment y la técnica Cloud to Mesh, respectivamente; bajo la plataforma de RiSCANPRO. La falla de superficie La Colina, cuyo bloque de techo se ubica al norte, presenta una franja de hundimiento diferencial de 2m de ancho, movimientos verticales máximos de 22mm/año combinados con pequeños desplazamientos horizontales multidireccionales <9mm. En contraste, la falla de superficie Chapultepec, con el bloque de techo en el sur, presentó un hundimiento tenue con valores máximos de entre 2 y 6mm que no permitieron identificar una franja de afectación; no se registraron desplazamientos horizontales. Se concluye que la falla La Colina sigue siendo activa, aunque con una tasa de hundimiento muy por debajo de la reportada por otros autores usando la técnica de InSAR. En cambio, La falla Chapultepec es presumiblemente semi-estable con mínimos desplazamientos verticales posiblemente influenciados por arcillas expansivas.

SE19-2

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y GEOELÉCTRICA DEL DESLIZAMIENTO ROTACIONAL ASOCIADO CON PALEODRENAJE EN EL FRACC. VALLE DEL SUR, TIJUANA, BAJA CALIFORNIA

Delgado-Argote Luis A., Pérez Flores Marco Antonio, Herrera-Barrientos Fernando, Sarychikhina Olga, Contreras López Manuel, Ochoa-Tinajero Luis y Avilés Esquivel Thalia Anaïd
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
ldelgado@cicese.mx

Durante el periodo de lluvias del primer trimestre de 2017 se desarrolló un deslizamiento rotacional en el talud norte del Fracc. Valle del Sur (FVS), cuyas esquinas NW y SE se encuentran en las coordenadas UTM (WGS84) 3,592,857 N/ 496,243 E y 3,592,769 N/ 496,418 E, respectivamente. De acuerdo con las imágenes históricas de Google Earth, en diciembre de 2006 el terreno estaba preparado para la construcción de un desarrollo de más de 70 casas habitación y en junio de 2008, 16 de las 17 casas, cuyo peso aproximado es de 60 ton cada una, ubicadas en el borde de dicho talud, estaban terminadas. La pendiente del talud de 160 m de longitud es de 40° y 18 m la diferencia de altura. No hay reportes de inestabilidad durante el periodo 2008-2016, el cual coincide con un periodo de precipitaciones pluviales bajas en la región. Durante las lluvias invernales (diciembre 2016-febrero 2017) se manifestó un rápido deslizamiento rotacional que dañó severamente las 12 casas ubicadas dentro de los primeros 100 m del lado W del talud. El frente del deslizamiento es asimétrico y está más pronunciado a los 70 m desde el margen W, definido por estrías de movimiento hacia 320/62 y 325/47, con componente lateral en la dirección de las estructuras regionales. También se midieron fracturas en las obras civiles y la resistividad eléctrica en perfiles E-W en la base del talud N y en el margen sur del FVS, así como en un perfil N-S en el centro del fraccionamiento. Se efectuó la inversión conjunta de los datos geoelectrónicos de los perfiles con los métodos Dipolo-Dipolo y Wenner, los cuales muestran el nivel freático horizontal y posibles paleocanales que se bifurcan hacia el sur, topográficamente hacia arriba. En la parte baja del talud del norte, el principal cuerpo de conductividad alta está delimitado por una falla normal en el este con caída hacia el oeste, y otra de desplazamiento lateral izquierdo con caída al este, las cuales corresponden a los flancos laterales que definen el cuerpo principal del deslizamiento rotacional. En los costados de dichos planos la permeabilidad aumenta por la formación de fracturas asociadas con el movimiento de bloques. Existe una buena correlación entre discontinuidades de cuerpos conductivos del perfil norte con la geometría del deslizamiento rotacional, el cual se desarrolla básicamente en un cuerpo de limos y arcillas que se interpreta fueron depositados en un canal o drenaje antiguo y que, al saturarse de agua, tiene un comportamiento plástico. Las características geológicas interpretadas son características de gran parte del subsuelo tijuaneño, por lo que se recomienda la obligatoriedad de estudios geológicos y geofísicos en los desarrollos inmobiliarios futuros en gran parte del NW de Baja California.

SE19-3

ANÁLISIS DE ESFUERZOS EFECTIVOS VERTICALES Y SU INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN DE FRACTURAS SUPERFICIALES. APORTES AL PROCESO DE ZONIFICACIÓN DE PELIGRO POR FRACTURAMIENTO

Frías Guzmán Diego Humberto y Hernández Marín Martín
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
difrias@hotmail.com

En este trabajo, se planteó un modelo de regresión lineal múltiple para cuantificar la relación entre la variación del esfuerzo efectivo por cambios en los niveles estáticos de agua subterránea y las fracturas superficiales existentes en el año 2016 en un área dentro del valle de Aguascalientes. Los esfuerzos efectivos verticales se calcularon sobre un plano horizontal a 1,700 metros sobre el nivel del mar, elevación que está por debajo del nivel del agua subterránea en esa zona. Se implementó una metodología para la estimación de los esfuerzos efectivos verticales que incluye el uso del software Qgis, que junto con un algoritmo creado en lenguaje de programación se generó la información necesaria para llevar a cabo el análisis de regresión lineal múltiple. Se analizó el esfuerzo efectivo diferencial promedio respecto a las fracturas existentes del área de estudio a una distancia determinada, de tal modo que nos permitiera encontrar zonas con esfuerzos efectivos diferenciales iguales o superiores al promedio de los obtenidos de las fracturas registradas en el área de estudio. Para esto, se empleó un nuevo algoritmo programado para analizar los esfuerzos efectivos verticales de la zona en busca de direcciones en la que el esfuerzo efectivo diferencial sea igual o mayor al promedio obtenido. Las direcciones localizadas se representaron en un mapa mediante líneas, las cuales nos indican que una fractura podría desarrollarse perpendicularmente a estas.

SE19-4

FALLAMIENTO ACTIVO Y SU RELACIÓN CON PROCESOS GRAVITACIONALES EN LA CIUDAD DE CHILPANCINGO DE LOS BRAVO, GUERRERO: RESULTADOS PRELIMINARES

Pérez Gutiérrez Rosalva y Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaell
Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero
perezr@geologia.unam.mx

La ciudad de Chilpancingo de los Bravo, se localiza en la Región Centro del Estado de Guerrero y además de ser la capital política del estado, alberga una variedad de actividades económico-académicas por lo que se ha configurado como un polo poblacional importante. En las últimas décadas, la mancha urbana ha crecido de manera sustancial, extendiéndose más allá de las zonas con las mejores condiciones físicas para su desarrollo. La ciudad se asienta en un valle angosto orientado noroeste-sureste disectado por una cantidad importante de escurrimientos superficiales que forman barrancas profundas, mismas que han sido invadidas por la población. Los flancos del valle están formados por estratos gruesos de calizas de edad albiana de la Formación Morelos y en menor proporción por areniscas y lutitas coniaciano-maestrichtianas de la Formación Mexcala. Las rocas que se depositaron y rellenaron el valle son conglomerados, areniscas, lutitas y margas, poco litificadas de edad Mioceno-Plioceno; la presencia de estructuras primarias como estratificación gradada y cruzada, así como horizontes calcáreos bien estratificados sugieren condiciones lacustres temporales para su depósito. Las características geológicas peculiares, el deterioro ecológico y una acción antropogénica alta en la zona de cañadas, han originado en la temporada de lluvias, una alta incidencia de procesos de remoción en masa, en la ciudad y áreas conurbadas. Lo anterior, ha llevado a la realización de diversos estudios encaminados a determinar los factores condicionantes y detonantes de los deslizamientos. Como factores condicionantes se han considerado la inclinación del talud, el desnivel entre la corona y el fondo de la barranca, el tipo de suelos o roca, el espesor de la capa de suelos, evidencias geomorfológicas de huecos en laderas contiguas, la vegetación y uso de la tierra y el régimen de agua en laderas, entre otros. Como el principal factor desencadenante, se ha identificado a los índices altos de precipitación que satura los materiales geológicos de la zona; y en menor proporción, la actividad sísmica regional. Un factor que hasta ahora no ha sido considerado como detonante, directo o indirecto, de procesos de remoción de masas es la posible actividad de fallas locales. A lo largo de los afloramientos de las rocas neógenas que rellenan en valle, se han identificado cuatro sistemas de estructuras: 1) Las estructuras orientadas N 45 y corresponden a un sistema conjugado de fallas normales, 2) las fallas con rumbo N 115 son de tipo normal, 3) el sistema con orientación N 74 pertenece a fallas de tipo lateral derecho; y la familia N 160 muestran una cinemática normal y ocasionalmente lateral. El desplazamiento de la capa de suelo por las estructuras, y la correspondencia de sus trazos con los cauces de varias de las barrancas donde se han tenido procesos de remoción de masas, y la sismicidad local somera, son presentadas como evidencias de la actividad de dichas estructuras. Un monitoreo sistemático permitirá determinar la cantidad de desplazamiento y la posible microsismicidad asociada a las estructuras.

SE19-5

TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA APLICADAS A LA DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS ASOCIADAS A SUBSIDENCIA Y FRACTURAMIENTO EN LA ZONA CENTRAL DE IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO

Alcántara Durán Carlos Felipe¹, Gutiérrez Calderón Raúl Iván¹, Luna Sánchez Enrique¹, Lazcano Sánchez Jorge¹ y Carreón Freyre Dora²

¹Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG Iztapalapa

²Centro de Geociencias, UNAM
carlosfelipe.geo@gmail.com

La subsidencia al oriente de la Ciudad de México ha generando modificaciones importantes a la morfología de la planicie lacustre dando origen a varias microcuencas dentro de la zona urbana. En este trabajo se presentan los resultados del procesamiento y análisis de imágenes LIDAR y de Interferometría de Radar (InSAR) para la delimitación de microcuencas, las cuales frecuentemente están delimitadas por patrones característicos de deformación y fracturamiento. Estas zonas se han convertido en zonas potencialmente inundables, lo que representa un alto nivel de riesgo para más de 45,000 habitantes en la zona central de la Delegación Iztapalapa de la Ciudad de México. Se presenta un estudio de caso en la colonia U.H. Vicente Guerrero, conformada por edificios multifamiliares y viviendas densamente habitadas (18,750 hab/km²), en una superficie de 240 hectáreas. En esta zona se localiza un pozo de extracción de agua subterránea para uso público-urbano y presenta una tasa de subsidencia que varía de entre 5 a 15 cm/año. Se muestran los resultados del análisis de percepción remota para la delimitación de la microcuenca y la caracterización de patrones de deformación y fracturamiento en sus bordes mediante técnicas de prospección geofísica de alta resolución.

SE19-6

SUBSIDENCIA DIFERENCIAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y LAS IMPLICACIONES AL SISTEMA DE TRANSPORTE DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

Solano-Rojas Dario¹, Wdowski Shimon², Cabral Cano Enrique¹ y Osmanoglu Batuhan³

¹University of Miami, UM

²Florida International University, FIU

³NASA Goddard Space Flight Center
dsolano@rsmas.miami.edu

La Ciudad de México es una de las metrópolis con las más altas tasas de subsidencia en el mundo. Con velocidades de subsidencia que van desde 0 hasta -380 [mm/yr], el medio geológico se encuentra permanentemente sometido a subsidencia diferencial, lo que ha producido afectaciones, interrupciones de las operaciones regulares y accidentes en el Sistema de Transporte Colectivo Metro. El Metro juega un papel indispensable en la Ciudad de México, transportando más de cuatro millones de pasajeros por día. Sin embargo, ningún estudio previo se ha enfocado en el monitoreo de la deformación diferencial a lo largo de los 93 km de vías que corren en superficie, principalmente por las limitantes de los métodos de geodesia tradicionales. En este trabajo, utilizamos observaciones derivadas de Interferometría de Radar de Apertura sintética (InSAR) para monitorear la subsidencia del terreno a través de la ciudad y cuantificar la subsidencia diferencial a lo largo de las líneas superficiales del Metro. Nuestro análisis se basa en 34 imágenes StripMap obtenidas del satélite TerraSAR-X adquiridas entre Mayo del 2011 y Junio del 2013 y 36 imágenes Stripmap de la constelación italiana de satélites COSMO-SkyMed adquiridas entre Junio del 2011 y Junio del 2012. Las imágenes fueron procesadas usando el software StaMPS, obteniendo densidades de puntos de hasta 4827 puntos/km². Nuestro método de post-procesado incluye las siguientes dos componentes: (1) Detección de subsidencia diferencial a lo largo de las líneas del metro por medio de gradientes de subsidencia, y (2) Detección de emersión aparente—áreas que subsiden a velocidades menores que sus alrededores—por medio del uso de filtrado de frecuencias espaciales. Estos dos análisis nos permitieron reconocer cuatro consecuencias principales de subsidencia diferencial en el sistema del Metro: 1. Deflexión aparente en los rieles de viaductos elevados, 2. Deflexión aparente en los rieles que corren a nivel de calle, 3. Columnas con capacidad de carga comprometida, 4. Emersión aparente afectando infraestructura de los alrededores. Nuestros resultados se enfocan a acortar la brecha existente entre las mediciones geodésicas usadas en las Ciencias de la Tierra y parámetros ingenieriles aplicables que pueden ser utilizados por las administraciones del Metro y por autoridades locales para el mantenimiento y la planeación de nuevas líneas del Metro.

SE19-7

GEOFÍSICA DE ALTA RESOLUCIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN Y FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO EN LA ZONA TLÁHUAC, CIUDAD DE MÉXICO

Centeno Salas Félix Antonio¹, Carreón Freyre Dora² y Gutiérrez Calderón Raúl Iván²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG
facentenos@gmail.com

Los métodos geofísicos de alta resolución, particularmente el método sísmico de Ondas Superficiales Multicanal (MASW) y el Radar de Penetración Terrestre (RPT), permiten analizar la estructura de secuencias someras, así como la distribución espacial de los parámetros mecánicos y eléctricos del medio que se asocian con sus características geológicas. La aplicación conjunta de las técnicas MASW y RPT permite obtener información indirecta del comportamiento mecánico de las secuencias de estudio y sus variaciones con el tiempo en zonas de deformación crítica y fracturamiento. Con el método MASW se identifican las zonas de deformación y fracturamiento mediante el contraste de la velocidad de la onda. El método RPT permite caracterizar la deformación asociada a variaciones en el contenido de agua volumétrica de los materiales granulares, que se traducen como variaciones de la permitividad dieléctrica del subsuelo. Se aplicó la geofísica de alta resolución en la Delegación Tláhuac, Ciudad de México, en cinco diferentes sitios, en donde las velocidades de la onda de corte varían de 35 a 800 m/s y la permitividad dieléctrica de 8 a 14. Las secuencias que presentan una mayor velocidad de la onda de corte y con menor permitividad dieléctrica se asocian con depósitos de piedemonte (coluviones) mientras que las secuencias con menor velocidad de onda de corte y mayor permitividad dieléctrica se asocian a depósitos lacustres. Como parte de los resultados se documentan las principales zonas de fracturamiento en las zonas de piedemonte, principalmente en zonas de contacto entre material volcánico, fluvial y lacustre con el material volcánico. La deformación en las zonas lacustres se asocia variaciones laterales y verticales de las secuencias de arena, limo y arcilla en el subsuelo.

SE19-8

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FRACTURAMIENTO ASOCIADO CON ESTRUCTURAS ANTIGUAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Gutiérrez Calderón Raúl Iván¹, Alcántara Durán Carlos Felipe¹, Carreón Freyre Dora², Cerca Mariano², Espinosa Severino Omar³ y Espinosa Valle Mario Francisco³

¹Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG Iztapalapa

²Centro de Geociencias, UNAM

³ENAH
rgutierrezcc@yahoo.com

Como uno de los efectos asociados a la subsidencia del terreno en la Ciudad de México, particularmente en las zonas centro y sur, es frecuente identificar zonas de fracturamiento con trazas erráticas o asociadas a alineamientos circulares. Estas zonas de deformación y fracturamiento parecen estar asociadas a los contrastes mecánicos causados por la interacción de los bordes de antiguos islotes de geometría convexa, que en la época prehispánica tuvieron ampliaciones para ganar superficie. Se presentan los resultados de la caracterización morfológica y delimitación de un antiguo islote, así como de la deformación y fracturamiento asociados. El estudio es complementado con el análisis de la estructura del subsuelo mediante prospección con Radar de Penetración Terrestre (RPT) y Sísmica de ondas superficiales (MASW).

SE19-9 CARTEL

CONDICIONES DE FRACTURAMIENTO DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Carreón Freyre Dora¹, Cerca Mariano², Gutiérrez Calderón Raúl Iván³ y Ochoa González Gil⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM

³CERG Iztapalapa

⁴ITESO
freyre@geociencias.unam.mx

La Ciudad de México, ubicada sobre una planicie lacustre delimitada por fallas geológicas de orden estructural y edificios volcánicos, presenta una alta variación en sus secuencias litológicas someras. Comprende sedimentos fluvio-lacustres con tamaños de partícula que varían de grava, arena, limos y arcillas, con capas intercaladas de materiales piroclásticos y flujos de lava. La mayor parte de los materiales de relleno son altamente deformables debido a su alto contenido de agua y presentan rangos muy amplios de compresibilidad y resistencia a la cizalla. A estas características se debe añadir un estado de esfuerzo interno anómalo debido al desplazamiento de agua de poro que se asocia a la extracción de agua subterránea, incremento de esfuerzo efectivo, que se debe agregar a los esfuerzos externos relacionados con las cargas estáticas y dinámicas propias de una zona urbana densamente poblada como la CDMX. En este trabajo se presenta el análisis mecánico de algunos materiales que rellenan la cuenca de

la ciudad con diferentes condiciones de deposición, mineralogía y granulometría. Los valores de resistencia a la cizalla contrastan con los valores reportados para materiales geológicos consolidados, como depósitos piroclásticos o lavas. El análisis de la estratigrafía somera muestra que estas secuencias se encuentran además afectadas por fallas que pueden tener desplazamientos mayores a los 5 metros y que estuvieron activas durante el emplazamiento de los productos volcánicos y la deposición de los sedimentos lacustres durante el Mioceno. El cambio de esfuerzos efectivos puede también provocar el desplazamiento de estas discontinuidades y la propagación hacia la superficie del fracturamiento. Los resultados muestran como la nucleación y propagación de fracturas se pueden presentar en distinta profundidad, sobre zonas de debilidad que se asocian a contactos entre materiales con propiedades mecánicas contrastantes o a discontinuidades preexistentes originadas durante la deposición de los mismos. Por otro lado, la consolidación diferencial de las secuencias arcillosas compresible puede incrementar la propagación de la deformación u ocurrir sobre planos preexistente de discontinuidad aunque ésta no presente un desplazamiento evidente. El análisis de compresibilidad de estos materiales permite a entender en qué casos predomina un fenómeno sobre otro.

SE19-10 CARTEL

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL ASOCIADA AL FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO EN LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO

Zacarías Ramírez Said Ricardo¹, Gutiérrez Calderón Raúl Iván¹, González Hernández Marcos², Carreón Freyre Dorá¹, Alcántara Durán Carlos Felipe² y Jiménez Sánchez Carmen Alejandra¹

¹Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG Iztapalapa

²Centro de Geociencias, UNAM
saidricardo80@gmail.com

Se presentan dos índices que permiten caracterizar la vulnerabilidad social al fracturamiento asociado a la subsidencia del terreno en la Delegación Iztapalapa de la Ciudad de México, con el fin contribuir a una mejora en la metodología de gestión del riesgo geológico. En un primer tiempo, se definió un Índice de Susceptibilidad al Fracturamiento del terreno (ISF) para el territorio de la Delegación, por medio del análisis multicriterio basado en álgebra de mapas. Para determinar los valores de ISF se integraron mapas de densidad y características del fracturamiento, de gradiente de subsidencia, de unidades morfológicas y de la evolución del nivel estático de agua subterránea. Posteriormente, se integró la estimación de un Índice de Vulnerabilidad Social a nivel colonia (IVSc) por medio del análisis de componentes principales de nueve variables socioeconómicas, a partir de datos del INEGI en el Censo de Población y Vivienda 2010. Considerando la complejidad del entorno urbano de Iztapalapa, el análisis y clasificación de las 290 colonias utilizando los dos índices propuestos, ISF y IVSc, se presenta como una práctica herramienta de trabajo de fácil aplicación por distintas instancias de gobierno, ya que permite identificar de manera rápida la zonas afectadas por los fenómenos de subsidencia y fracturamiento así como ubicar las colonias que socioeconómicamente presentan capacidades más limitadas de recuperación ante sus efectos a mediano plazo.

SE19-11 CARTEL

ANÁLISIS DEL FRACTURAMIENTO EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL PEÑÓN DEL MARQUES Y AL PEÑÓN DE LOS BAÑOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

González Hernández Marcos¹, Carreón Freyre Dorá¹, Zacarías Ramírez Said Ricardo² y Gutiérrez Calderón Raúl Iván²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG
mgonzalhe@gmail.com

El Peñón del Marqués (2360 m.s.n.m.) y el Peñón de los Baños (2300 m.s.n.m.) son dos domos volcánicos localizados en la parte nororiental de la Ciudad de México; ambas estructuras están compuestas por secuencias de flujos de escoria, depósitos de caída y coladas de lava de composición andesítica y basáltica. Los depósitos que sobreyacen los bordes de estas estructuras están conformados por secuencias interdigitadas de arcillas, limos y depósitos volcánicos de caída. En el presente trabajo se muestra los resultados del levantamiento cartográfico de fracturamiento asociado a la subsidencia del terreno que afecta a gran parte de la ciudad de México. Los principales parámetros analizados son su orientación, área de influencia y expresión morfológica. En superficie se muestran alineamientos de forma elíptica para ambas zonas, y en sección se presentan formas escalonadas con desniveles que pueden ser superiores a un metro. De igual manera para ambas estructuras la orientación de los sistemas de fracturamiento muestra una dirección preferencial NE-SW. En el Peñón del Marqués se presenta además un proceso de deslizamiento del terreno que genera una zona de compresión en la transición entre la base del edificio volcánico y la zona lacustre.

SE19-12 CARTEL

ANÁLISIS DE LA EROSIÓN DIFERENCIAL DE LOS MIEMBROS DE CLASTOS DE GRANITO Y DE TOBAS PUMICÍTICAS DEL CONGLOMERADO ZACATECAS Y SU EFECTO EN LA INFRAESTRUCTURA URBANA DE LA CIUDAD DE ZACATECAS

Puch-García Erika María¹, Escalona-Alcázar Felipe de Jesús¹, Bluhm-Gutiérrez Jorge¹, Pineda-Martínez Luis Felipe², Valle-Rodríguez Santiago², Huerta-García Josefina², Rodríguez-González Baudelio², De Lira-Gómez Patricia¹, Jéneiz-Ferreira Hugo Enrique³ y González-Trinidad Julián³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ

²Unidad Académica de Biología, UAZ

³Maestría en Ingeniería Aplicada con Orientación en Recursos Hidráulicos, UAZ
eripuch@gmail.com

Cerca de la mitad del área urbana de la ciudad de Zacatecas está construida sobre el conglomerado Zacatecas. Este conglomerado está formado por cinco miembros, cada uno con composición, contenido de matriz, estructura y compactación distintas. Los miembros de "Clastos de granitoide" y "Tobas pumicíticas" se caracterizan por desarrollar erosión diferencial en la que las capas de conglomerado y de toba son más resistentes al intemperismo y la erosión que las de arenisca. Debido a esta condición, cuando en estos miembros la pendiente es cercana a la vertical se observa el perfil como de "peine". La remoción de las capas de arenisca, junto con la pendiente y las vibraciones de los vehículos favorecen el colapso por la falta de soporte. Otro factor es que las capas de arenisca son más porosas y permeables que las de conglomerado y de toba, lo que facilita la remoción de sedimentos de grano fino. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la evaluación de los efectos de la erosión hídrica en una colonia de la ciudad de Zacatecas construida en los miembros del conglomerado antes mencionados. El fracturamiento en las viviendas se desarrolla de manera indistinta en los dos miembros; hay una tendencia no muy bien definida a formarse en los límites de las zonas de erosión baja y media, independientemente de la pendiente. En cuando a las facturas en las calles se forman en pendientes mayores a 6° en zonas de erosión intermedia. Los semicírculos se forman preferentemente en zonas de erosión baja con pendientes de alrededor de 15°. En cambio los derrumbes ocurren en pendientes de aproximadamente 6°; mientras que la socavación sucede en pendientes de aproximadamente 15° en zonas de erosión intermedia. El desarrollo de los efectos de la erosión se debe principalmente a la estructura y composición de los miembros del conglomerado Zacatecas, a la pendiente y a la modificación del paisaje. El relleno de los cauces de los arroyos y la eliminación de la cobertura vegetal no parecen ser los factores dominantes en el desarrollo de las estructuras de la erosión, sino que más bien parecen estar controladas por las pendientes cercanas a la vertical y la actitud de los estratos. Por lo anterior se recomienda evitar pendientes verticales en estos miembros del conglomerado Zacatecas. Se puede limitar la remoción de sedimentos si se colocan drenes en el conglomerado. De esta forma se disminuirá la remoción de sedimentos de grano fino y en consecuencia la formación de oquedades y los daños a la infraestructura urbana y viviendas.

SE19-13 CARTEL

UN ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO Y DE GEORADAR DE LOS EFECTOS EN LA INFRAESTRUCTURA URBANA DE UN ANTIGUO DESLIZAMIENTO DE LADERA URBANIZADO EN LA CIUDAD DE ZACATECAS

Contreras-Delgado Melissa¹, Escalona-Alcázar Felipe de Jesús¹, Bluhm-Gutiérrez Jorge¹, Pineda-Martínez Luis Felipe¹, Valle-Rodríguez Santiago², Huerta-García Josefina², Rodríguez-González Baudelio², De Lira-Gómez Patricia¹, Jéneiz-Ferreira Hugo Enrique³ y González-Trinidad Julián³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ

²Unidad Académica de Biología, UAZ

³Maestría en Ingeniería Aplicada con Orientación en Recursos Hidráulicos, UAZ
melissa.codeig@gmail.com

En la planeación del crecimiento de la ciudad de Zacatecas, así como en los criterios de cambio de uso del suelo, no se han tomado en cuenta elementos del medio natural como la geología, geomorfología y cobertura vegetal. En algunos sitios se han urbanizado antiguos deslizamientos de ladera, en su estructura se observa más de un evento de formación, cada uno con distintos tamaño y tipo de clastos, estructura, compactación, porosidad y permeabilidad. Estos depósitos han sido modificados (deforestados, cortados o rellenados) para dejar superficies planas en las que puedan construirse viviendas u obras de infraestructura urbana. En uno de estos depósitos, ubicado en la margen sur del Crestón Chino, se han construido colonias en las que los efectos de la erosión hídrica del deslizamiento se manifiestan como: fracturas en paredes, calles y banquetas, erosión de las cimentaciones, socavación, hundimientos y formación de semicírculos. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de las mediciones de los efectos de la erosión y la investigación de la distribución del deslizamiento a partir de perfiles de georadar, antenas de 100 MHz y 500 MHz. El deslizamiento presenta pendientes mayores a 3°; la mayor parte está en el cauce de un arroyo de segundo orden. A lo largo del deslizamiento el fracturamiento y los semicírculos son comunes en las pendientes de 6.1° a 15° en zonas definidas como de "erosión baja". Mientras que la socavación, hundimientos y las fracturas en las calles se forman donde la pendiente varía de

15.1° a 30°, en las zonas de “erosión media”. La “erosión baja” indica que hay poca movilidad de sedimentos aunque el paisaje haya sido modificado. Por esto, es probable que las fracturas que se forman se deban al asentamiento de las obras de infraestructura y a las vibraciones por el movimiento de vehículos. En cambio, en las zonas de “erosión media” la modificación del paisaje facilita la remoción de sedimentos. Es importante mencionar que el principal agente geomórfico es el agua, la precipitación en la ciudad de Zacatecas varía de 400 a 500 mm/año, esta cantidad es entre julio y septiembre por lo que la erosión se desarrolla de forma lenta. La extensión y profundidad del deslizamiento fueron analizadas con un georadar, se realizaron cinco perfiles perpendiculares a él y uno paralelo a su eje más largo. En los primeros tres metros de profundidad fue muy difícil diferenciar entre el suelo, escombro o basura de la parte superior del deslizamiento. Con la antena de 100 MHz se tuvo una penetración de aproximadamente 24 m, aunque la señal se perdió debajo de los 15 m. A partir de la interpretación de los perfiles de georadar se pudieron delimitar al menos tres paleocauces en donde se depositaron los sedimentos. Los efectos de la erosión se observan en estos cauces de pendiente mayor a 6.1°, se trata en particular de las zonas de erosión media y baja, donde el paisaje ha sido modificado.

SE19-14 CARTEL

CONTROL LITOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO EN EL DESARROLLO DE FRACTURAS Y HUNDIMIENTOS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE ZACATECAS, MÉXICO

García-Pasillas Lucero Lizbeth¹, Escalona-Alcázar Felipe de Jesús¹,
Bluhm-Gutiérrez Jorge², Pineda-Martínez Luis Felipe², Valle-Rodríguez Santiago¹,
Huerta-García Josefina², De Lira-Gómez Patricia² y Rodríguez-González Baudelio²

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ

²Unidad Académica de Biología, UAZ
lucero.liz.29@gmail.com

Los edificios del centro histórico de la ciudad de Zacatecas fueron construidos a mediados del siglo pasado o en la época de la Colina como el caso de la Catedral, Palacio de Gobierno, Antigua Casa de Moneda u otros edificios antiguos y barrios aledaños. En el crecimiento de la ciudad no se tomaron en cuenta la geología y geomorfología por lo que la urbanización fue atendiendo las necesidades de espacio habitable. Este crecimiento ocurrió adyacente a la parte occidental de la Veta La Cantera que es una falla normal de rumbo WNW-WSE que pone en contacto al Complejo Las Pilas del Cretácico Inferior, en la parte norte y W, con el conglomerado Zacatecas del Paleoceno-Oligoceno Inferior, en el sur y SE. El Complejo Las Pilas está formado por derrames de lava de estructura masiva y almohadillada, con deformación que varía de moderada a intensa; estas rocas tienen alteración hidrotermal intensa. La deformación y alteración del Complejo Las Pilas provoca que sea una roca deleznable, principalmente cuando está en pendientes verticales o cercanas a la vertical. En el Complejo Las Pilas son comunes los derrumbes y caídas de rocas, así como la socavación. Una parte del centro histórico está en el conglomerado Zacatecas, en el Miembro de Conglomerado Masivo y Arenisca, que está bien consolidado. El crecimiento de la ciudad ocurrió contiguo al cauce del Arroyo de la Plata y sus cauces tributarios. El centro histórico está en un relieve que varía de juvenil a maduro, algunos parteaguas aún tienen forma de “V”. El cauce del Arroyo de la Plata tiene menos de 200 m de ancho en el área de estudio, con un desnivel máximo de alrededor de 200 m. Las pendientes varían de cercanas a la horizontal hasta poco más de 42°, ocasionalmente son verticales. El área de estudio está cubierta por la zona urbana de Zacatecas, por lo que los efectos de la geología y geomorfología se han identificado a partir de asociarlos con fracturas, hundimientos y socavación medidos en las calles y casas. Estos fenómenos se llevan a cabo porque el área de estudio está en zonas de erosión intensa e intermedia, en ellas que no se requiere de la modificación significativa del paisaje para la movilización de sedimentos. En la infraestructura urbana se han georeferenciado y medido fracturas en las paredes, banquetas y calles; así como semicírculos, colapso de paredes y casas, pequeños derrumbes en donde la pendiente está cercana a la vertical, hundimientos y oquedades por socavación. Todos estos efectos ocurren principalmente cuando se asocian los siguientes factores: pendientes entre 6° y 15°, las lavas del Complejo Las Pilas deformadas y, cuando las viviendas y obras de infraestructura están a 60 m adyacentes a los cauces de los arroyos. Es necesario que estos factores se tomen en cuenta en la planeación del desarrollo urbano para evitar daños y reparaciones en los inmuebles.

Sesión especial

AVANCES Y RESULTADOS CON DATOS DE LA RUOA

Organizadores:

Michel Grutter de la Mora
Adolfo Magaldi Hermosillo
Eugenia González del Castillo

SE20-1 PLÁTICA INVITADA

LOS OBSERVATORIOS ATMOSFÉRICOS DE INVESTIGACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES

Martínez Arroyo María Amparo
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC
marroyo@inecc.gob.mx

La toma de decisiones en materia ambiental debe estar fundamentada en el conocimiento científico, para ello, es crucial la integración de la información generada por diferentes instituciones que realizan monitoreo atmosférico sistemático, destacan algunas instancias públicas, privadas y las redes universitarias de investigación. Estas últimas aportan elementos más precisos debido al equipamiento de última generación y metodologías innovadoras, dicha información da como resultado insumos para la formulación de políticas públicas más robustas, así como para un seguimiento en temas de contaminación ambiental, salud humana y cambio climático, cruciales para enfrentar los retos del presente siglo.

SE20-2

ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS DE VELOCIDAD DE CAÍDA DE HIDROMETEOROS OBSERVADAS CON LOS DISDRÓMETROS DE LOS OBSERVATORIOS DE LA RUOA (UNAM)

Montero Martínez Guillermo y García-García Fernando
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
gmontero@atmosfera.unam.mx

Las características microfísicas de la precipitación observadas en superficie son resultado del desarrollo de procesos atmosféricos y de complejas interacciones a diversas escalas espaciales y temporales entre los hidrometeoros dentro y fuera de las nubes. La distribución por tamaños de las partículas de precipitación (DSD) depende de diversos procesos microfísicos que incluyen la condensación – y evaporación – del agua sobre las partículas, la colisión-coalescencia-rompimiento de las gotas, y de otros más. El conocimiento detallado de las DSD es útil para la caracterización detallada de la precipitación (cantidad de agua acumulada e intensidad de precipitación) y es relevante en la observación de la precipitación mediante sensores remotos – radares y satélites –, en el estudio del clima, y para la evaluación del balance hídrico u otros procesos hidrológicos, tales como la erosión del terreno. El disdrómetro PWS100 (fabricado por Campbell Scientific) es un instrumento diseñado para medir el tamaño y la velocidad de caída de los hidrometeoros durante eventos de precipitación y, a partir de éstos, determinar las DSD. El principio de operación del instrumento se basa en la detección de la cantidad de luz dispersada por las partículas que atraviesan cuatro haces de luz y es capaz de discriminar entre diferentes tipos de hidrometeoros (precipitación líquida o sólida). Equipos como éstos han sido instalados en algunas de las plataformas de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM. En este trabajo se presenta la comparación de observaciones realizadas con los PWS100 en diversas plataformas de la RUOA. La validación de los datos obtenidos permite corroborar el óptimo funcionamiento entre los instrumentos instalados en las plataformas de la Red que estiman los mismos parámetros instalados en las plataformas de la red. En particular, las variaciones observadas de las velocidades de caída de las partículas y de las DSD observadas con los PWS100 en las diferentes localidades, proporcionan información importante para el estudio de los procesos específicos que ocurren en las regiones en donde estos sensores se encuentran instalados.

SE20-3

MEJORA EN LA ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL VALLE DE MÉXICO

Magaldi Adolfo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
adolfo.magaldi@atmosfera.unam.mx

La precipitación está ligada a muchos factores económicos y sociales que influyen en nuestra vida. En particular, el ciclo hidrológico juega un papel muy importante en el abasto de agua y la protección civil. Esto adquiere mayor importancia en áreas susceptibles a inundaciones o donde los eventos de precipitación intensa son frecuentes y está cobrando cada vez más relevancia debido a que investigaciones recientes sugieren que los eventos extremos de precipitación serán más intensos debido al calentamiento global. Es ampliamente conocido que, en la cuenca del Valle de México, la lluvia convectiva constituye el principal factor de riesgo meteorológico. Por consiguiente, su correcta medición en el tiempo y en el espacio constituye un aspecto de fundamental importancia para la realización de pronósticos meteorológicos. Actualmente los radares meteorológicos presentan el mejor acercamiento para conocer la distribución espacial y temporal de la precipitación con una resolución temporal que nos permite abordar fácilmente los eventos convectivos. La estimación cuantitativa de la precipitación mediante el uso del radar meteorológico (QPE) es una de las herramientas habituales para monitorear la intensidad de la lluvia. La derivación de QPE requiere un conjunto de procedimientos de control de calidad

robustos para abordar una serie de problemas asociados al diseño de los radares meteorológicos. En este trabajo se presentará un método de QPE basado en la sinergia entre el radar de Cerro Catedral y diversos sensores de la estación Ciudad Universitaria de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA).

SE20-4

THE NORTH AMERICAN MONSOON GPS HYDROMETEOROLOGICAL NETWORK 2017: A NEW LOOK AT AN OLD PROBLEM

Adams David¹, Vivoni Enrique², Grutter Michel¹, Cabral Cano Enrique¹, Lintner Benjamin³, Granados Alfredo⁴, Vázquez Adrian¹, Rodríguez Julio César⁵, Pérez Ruiz Eli Rafael¹, Verduzco Monge Vivian Shime⁶, Minjarez Sosa Carlos⁷, Serra Yolande², Haase Jennifer⁸, Gochis David⁹, Yezzer Enrico A.¹⁰, Robles Morúa Agustín⁸, Del Rio Rafael¹⁰, Bezanilla Morlot Alejandro¹, García Franco Jorge L.¹ y Liang Hong⁸

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Arizona State University

³Rutgers, The State University of New Jersey

⁴Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ

⁵Universidad de Sonora, UNISON

⁶Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

⁷University of Washington

⁸University of California, San Diego

⁹University Corporation for Atmospheric Research, UCAR

¹⁰ERNO/UNAM

dave.k.adams@gmail.com

In this presentation, we overview the North American Monsoon (NAM) GPS Hydrometeorological Network 2017, a bi-national (Mexico-US) 3-month campaign to examine water vapor source regions, and specifically, land-surface water vapor fluxes. The network consists of 10 experimental GPS meteorological sites as well as TLALOCNet and Suominet GPS sites in the Mexican states of Sonora, Chihuahua, Sinaloa, and Baja California and in Arizona and New Mexico. Near Rayón Sonora, inside the larger regional GPSmet array, a 30km eddy covariance flux tower triangular array, with collocated GPSmet, measures continuous energy fluxes and precipitable water vapor. Preliminary results are presented that examine the local surface flux contribution within the triangular array to the measured total precipitable water vapor. Specifically, employing the RUOA LIDAR data from Hermosillo to derive boundary layer heights, we test the viability of assuming a "well-mixed" boundary layer to estimate surface water vapor fluxes within the flux triangle. This technique is evaluated through comparisons with data from an intensive one-week radiosonde campaign. The proof-of-concept campaign is part of a larger US-Mexico research effort to quantify water vapor fluxes, understand sources of advected versus surface fluxes of water vapor, and improve the understanding of convection and the hydrological cycle in the north American Monsoon.

SE20-5

AVANCES EN LA INTEGRACION DEL OBSERVATORIO CIUDAD JUAREZ DE LA RUOA

Vázquez Galvez Felipe Adrian¹, Valdez Mauro², Estrada Fernando¹, Hernández Hernández Jesus Israel¹, Olvera Hector³ y Pérez Ruiz Eli Rafael⁴

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³University of Texas at El Paso

⁴Arizona State University

fvazquez@uacj.mx

Este reporte presenta el diseño del Observatorio Atmosférico de Ciudad Juárez (OACJ) y su importancia estratégica por tratarse de una cuenca atmosférica donde convergen dos países, tres estados y tres municipios. La región en su conjunto comúnmente se designa como Cuenca Paso del Norte. Su importancia fue reconocida e incorporada al Acuerdo de la Paz entre México y los Estados Unidos por su población y la importancia estratégica para ambos países. El OACJ cuenta con una red de 8 estaciones climatológicas en la parte sur de la cuenca y recientemente incorporo la medición de carbón negro. Adicionalmente se hicieron campañas de medición en 5 puntos mediante prototipos ELM (Perking Elmer) para delimitar las concentraciones de ozono, partículas, óxidos de nitrógeno y compuestos volátiles orgánicos. Actualmente, está en proceso de instalación una torre con un sistema de covarianza de vórtices (mejor conocida como Eddy Covariance) para medir intercambio de calor, momento y flujos de dióxido de carbono. Adicionalmente, se está en proceso de adquisición de unidades de medición de ozono, partículas (de radio aerodinámicos de 1µm, 2.5µm, 10 µm y PST) con lo que podremos reportar un proxy de calidad del aire para Ciudad Juárez (la red municipal de calidad del aire además de obsoleta tiene problemas de continuidad en sus reportes). Adicionalmente, el observatorio cuenta con una seguidor solar y mediciones de irradiación global, difusa, directa, iluminancia global, difusa, fotosintéticamente activa, de onda larga e índice UV. Adicionalmente se cuenta con un radiómetro Cimel conectado a la red de AERONET para la obtención de AOD en cinco longitudes de onda, agua precipitable y distribución de tamaño de aerosoles. En el corto plazo el observatorio orientará sus trabajos para medir evaluar la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la cuenca, generar insumos para la evaluación del riesgo de la población expuesta, diseñar sistemas de alertamiento de la población

mediante el uso de instrumentos de bajo costo y muy alta densidad geográfica acoplados a algoritmos y herramientas WEB de acceso universal.

SE20-6

VARIABILIDAD Y TENDENCIAS DEL CO₂ EN EL CENTRO DE MÉXICO A PARTIR DE DATOS DE LA RUOA

Baylón Jorge, Grutter Michel, Stremme Wolfgang y Bezanilla Morlot Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
baylon@atmosfera.unam.mx

El aumento en la concentración del CO₂ atmosférico de los últimos años repercute directamente en el cambio climático global. Monitorear de manera continua los niveles de CO₂ en la atmósfera permite estimar sus fuentes y sumideros al derivar distribuciones de flujo superficiales utilizando mediciones de concentración en modelos inversos de transporte atmosférico. La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), establecida por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), busca proveer información atmosférica relevante y confiable para el estudio de problemas y retos emergentes a nivel local, regional y global en materia de contaminación atmosférica, cambio climático, recursos hídricos, seguridad alimentaria entre otros. Desde 2014, el CO₂ es monitoreado in situ en 6 estaciones de la red RUOA utilizando analizadores que operan con la técnica de espectroscopía en cavidad "ring-down". En dos de estos sitios también se cuenta con espectrómetros por transformada de Fourier que permiten la medición de columnas totales de este gas de efecto invernadero. En este trabajo se presentan la variabilidad y tendencia del CO₂ de tres sitios de la RUOA ubicados en el centro de México: el Observatorio Atmosférico Altomoni (19.1187°N, 98.6552°W, 3985 m s.n.m), el Observatorio Atmosférico UNAM (19.3262°N, 99.1761°W, 2280 m s.n.m) y el Observatorio Atmosférico de Juriquilla (20.7030°N, 100.4473°W, 1945 m s.n.m) y se comparan las mediciones hechas en superficie con productos de CO₂ de fracción molar a partir columnas totales XCO₂, medidos por los satélites GOSAT y OCO-2.

SE20-7

VARIACIÓN ESTACIONAL A INTERANUAL DE LA CONCENTRACIÓN SUPERFICIAL DE CO₂ EN LOS OBSERVATORIOS LOS TUXTLAS Y CHAMELA DE LA RUOA

González del Castillo Eugenia¹, Baylón Jorge², Bezanilla Morlot Alejandro¹, Grutter Michel¹, Stremme Wolfgang¹ y Paw U Kyaw Tha²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²University of California Davis
eu.gonzaranda@atmosfera.unam.mx

El CO₂ es el gas cuyo aumento ha contribuido en mayor medida al incremento del forzamiento radiativo del planeta desde el inicio de la era industrial. La cuantificación de la variación espacial y temporal de su concentración en la atmósfera es indispensable para entender el papel que juegan tanto las emisiones de origen antrópico como la actividad de la vegetación en el ciclo del carbono. En México son escasos los sitios donde se monitorea de manera continua y sistemática la concentración de fondo de CO₂ a nivel de superficie, lejos de la influencia de emisiones industriales y urbanas. La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) mantiene desde 2014, entre otros observatorios atmosféricos, dos sitios de monitoreo ubicados en Áreas Naturales Protegidas, uno en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, y otro en la Estación de Biología Chamela, en la costa de Jalisco. El tipo de vegetación predominante en el Observatorio Los Tuxtlas es el Bosque Tropical Perennifolio, mientras que el Observatorio Chamela se encuentra rodeado de Bosque Tropical Caducifolio. En ambos sitios se monitorea la concentración superficial de CO₂ con espectrómetros de absorción en el infrarrojo, de cavidad tipo "ring down" (Picarro G2401). En este trabajo presentamos las características de las series temporales de la concentración de CO₂ a nivel de superficie en Los Tuxtlas y Chamela, su variación diaria, estacional y tendencia de largo plazo. Para el sitio de Chamela, se presenta además la serie temporal de concentración de CO₂ del periodo 2007-2015, obtenida con un analizador de gases en el infrarrojo de vía abierta (Li-Cor 7500) que se mantuvo en operación como parte de un monitoreo de flujos de CO₂ por encima del dosel del bosque primario, en un sitio cercano (1.5 km) al Observatorio Chamela. En esta serie temporal, los ciclos estacionales de la concentración de CO₂ y su variación interanual son claramente discernibles y se encuentran asociados a la actividad de la vegetación circundante. Por último, las concentraciones superficiales de CO₂ medidas en ambos observatorios son comparadas con los resultados del monitoreo satelital de las misiones GOSAT y OCO-2, que reportan la fracción molar (XCO₂) en la totalidad de la columna.

SE20-8

LA RED DE ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LA RUOA: SITUACIÓN ACTUAL, PROYECTOS RELACIONADOS Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN

Torres Jardón Ricardo y Grutter Michel
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
rtorres@unam.mx

La UNAM, a través del Centro de Ciencias de la Atmósfera, ha establecido la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), con el fin de impulsar la investigación y la docencia de las ciencias atmosféricas en el país. Como parte de esta red se cuenta con seis estaciones automáticas de monitoreo de calidad del aire y meteorología con lo que busca que, a través de la cooperación institucional, se provea a la comunidad académica y científica con información relevante y confiable de las concentraciones de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas asociadas a su transporte y dispersión, tanto para identificar y estudiar problemas locales, como para fortalecer el conocimiento sobre química atmosférica a las condiciones particulares de latitud y altitud de varias zonas del país donde no se cuenta con suficiente información sobre este fenómeno. A la fecha, se la red incluye seis estaciones de monitoreo de calidad del aire en seis zonas urbanas y suburbanas de: Juriquilla, Querétaro; Aguascalientes, Aguascalientes; Saltillo, Coahuila; Hermosillo, Sonora; Morelia, Michoacán; y Mérida, Yucatán. Cada una de estas estaciones está equipada con instrumentación automática para la medición de los contaminantes criterio: CO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}, además de las variables meteorológicas: dirección e intensidad de viento, temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica y precipitación. Ya se cuenta con bases de datos de estos parámetros de poco más de dos años para varios de los sitios, las cuales ya han sido o están siendo utilizadas como soporte en diversas investigaciones sobre: diagnósticos de calidad del aire, transporte de contaminantes a mediana escala interestatal y larga escala transfronteriza y continental, efecto de la meteorología en la ocurrencia de eventos de contaminación, y estudios de efectos en la salud entre otros. Instituciones como la Universidad de Sonora, la Universidad del Valle de México (campus Saltillo y Hermosillo), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN; y las anfitrionas la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM; la Universidad Autónoma de Aguascalientes, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia de la UNAM, la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Campus Juriquilla de la UNAM; y la Universidad Autónoma de Yucatán, así como varios grupos del propio Centro de Ciencias de la Atmósfera han sido usuarios frecuentes de los datos generados. En esta presentación, se hace una exposición de las estaciones de monitoreo en operación, del tipo de información generada, y se presentan ejemplos de algunas de las investigaciones realizadas o en proceso, con el fin de mostrar el alcance de aplicación que se puede lograr a través de la red de estaciones de monitoreo de calidad del aire de la RUOA.

SE20-9

PANORAMA GENERAL DE LOS TRABAJOS DESARROLLADOS EN EL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO "MÉRIDA": AVANCES Y RETOS

Rosas Sánchez Daniel Humberto¹, Binimelis de Raga Graciela Lucia², Ladino Moreno Luis Antonio², Baumgardner Darrel¹, Grutter Michel², Torres Jardón Ricardo², Cantillo Ciau Zulema Osiris¹, Cárdenas González Beatriz³, Amador Valencia Talib Gibrán¹ y Pool Chi María del Rosario¹
¹Facultad de Química, UADY
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
daniel.rosas@correo.uady.mx

El Observatorio Atmosférico "Mérida" ha servido como plataforma para el desarrollo de trabajos de investigación, como el proyecto "African Dust And Biomass Burning Over Yucatan (ADABBOY)", liderado por la Dra. Graciela Binimelis de Raga, en colaboración con investigadores de instituciones y dependencias nacionales y extranjeras. Este proyecto busca mejorar el entendimiento sobre las fuentes de las partículas de aerosol en la Península de Yucatán y el papel que estas juegan en el ciclo del agua y los fenómenos de contaminación atmosférica de la región. Para el desarrollo de este proyecto, ha sido necesario instalar equipos de monitoreo de partículas, así como instrumentos de colección de muestras de aerosoles y bioaerosoles. La información obtenida a partir de los instrumentos originales del Observatorio Atmosférico "Mérida" para monitoreo de calidad del aire ha permitido identificar eventos de contaminación que superan por más de 24 horas los valores establecidos en la norma NOM-025-SSA1-2014, relacionada con partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}. En esta presentación se expondrán los resultados de estos análisis y la manera en la que los datos generados en el proyecto ADABBOY han permitido identificar la influencia que tienen las actividades de quema de biomasa en la región sobre la calidad del aire de la Ciudad de Mérida.

SE20-10

VARIABILIDAD Y TENDENCIAS DEL NO₂ EN EL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO A PARTIR DE MEDICIONES DE SUPERFICIE Y EN LA COLUMNA VERTICAL

Ojeda Lerma Zuleica, Grutter Michel, Stremme Wolfgang, Rivera Cardenas Claudia, Friedrich Martina y Bezanilla Morlot Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 zojeda@atmosfera.unam.mx

La red MAX-DOAS (Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy) está conformada de instrumentos de percepción remota diseñados para medir la columna troposférica de gases atmosféricos. La técnica está basada en la medición en diferentes ángulos de elevación de la absorción de luz solar esparcida por la atmósfera. Los espectros medidos se procesan por medio del código MMF (Mexican Maxdoas Fit), el cual se basa en un ajuste de mínimos cuadrados y utiliza la técnica de óptima estimación y la regulación de Tikhonov para recuperación de gases traza y aerosoles, respectivamente. Actualmente la red está conformada de seis instrumentos, cuatro localizados dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, uno en Juriquilla y otro en Toluca. En este trabajo se compara la columna vertical de NO₂ de MAX-DOAS con las concentraciones en superficie medidas en la estación UNAM de la RUOA ubicada en el sur de la Ciudad de México. Se analizan las columnas verticales de NO₂ recuperadas, presentando por primera vez series de tiempo y la metodología utilizada para el cálculo estadístico de errores de la medición y recuperación. Además se compara para este sitio con la columna vertical troposférica medida con el sensor satelital OMI (Ozone Monitoring Instrument), tanto con el producto DOMINO (Dutch OMI NO₂) como los productos estándar de NO₂ V003.

SE20-11

ESTUDIOS DE FORMALDEHÍDO ATMOSFÉRICO EN LA CIUDAD DE MÉXICO POR USO DE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS DE FTIR

Guarin Duran Cesar Augusto, Stremme Wolfgang, Bezanilla Morlot Alejandro, Baylón Jorge y Grutter Michel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 augustoguarin@gmail.com

El formaldehído (CH₂O) por su ubicuidad y reactividad afecta la química atmosférica, por ejemplo al inventario global de CO y la formación de ozono troposférico.[1,2] En la Ciudad de México el CH₂O es un contaminante que deteriora la calidad del aire ambiente, repercutiendo directamente en la salud de los ciudadanos, la vegetación y el daño de materiales.[3,4] A pesar de lo nocivo (cancerígeno)[5] del CH₂O, en México las investigaciones sobre CH₂O son escasas y los estudios que existen son de cortos periodos de tiempo y en superficie.[3,4,6,7] Por el contrario, el presente estudio muestra por primera vez una serie de tiempo de 7 años para columnas totales verticales (CT) de CH₂O, las cuales fueron derivadas de mediciones espectroscópicas obtenidas con dos instrumentos FTIR, instalados en dos observatorios atmosféricos de la RUOA, uno dentro y otro fuera de la Ciudad (UNAM N19.32°, W99.17°, 2260 m.s.n.m. y Altzomoni N19.18°, W98.65, 3985 m.s.n.m.). Se recuperaron CT con magnitudes de 1016 moléculas/cm² dentro de la Ciudad (estación UNAM) las cuales son un orden de magnitud mayores a las determinadas en la estación de altura (Altzomoni). El esquema de dos tipos de mediciones que están separadas aproximadamente a 60 km de distancia y con una diferencia en altitud de 1700 m, permitió un análisis interesante donde se contrastan ambos conjuntos de resultados, infiriéndose sobre la distribución vertical del CH₂O, los ciclos diurnos y estacionales, el transporte, y la influencia de la Ciudad en áreas rurales y de tropósfera libre. Finalmente, los resultados de este trabajo establecen una base de datos para CH₂O que servirá para que en un futuro se pueda cuantificar las tasas de emisión de este gas, validar datos satelitales, y comparar resultados con otras técnicas de medición remota y en superficie. Referencias [1]Franco, B, et al., *atmos. Chem. Phys.*, 16, 4171-4189, (2016) [2] Corinne, V., et al. *atmos-chem-phys.*, 9, 9523-9544, (2009) [3]Volkamer, R., et al. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 6969-6991, (2010) [4]Baez, A. P., et al. *Environ Sci & Pollut Res* 9 (4) 230 – 233, (2002) [5]IARC Working Group. (1995). Wood dust and formaldehyde (IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, vol 62). Lyon: International Agency for Research on Cancer. [6]García, A., et al. *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 4545-4557, (2006) [7]Grutter, M., et al. *Atmospheric Environment*, 1027-1034, (2005)

SE20-12

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE POLEN DE FRESNO EN LA CDMX INFERIDA A PARTIR DE DATOS DE VIENTO SIMULADOS POR EL MODELO WRF

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia, López Espinoza Erika Danaé, Guerrero Guerra Cesar y Martínez López Benjamín
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 mclce@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se utilizan corridas del modelo WRF para estudiar el transporte de polen de Fresno en la CDMX durante el periodo noviembre 2016 a abril de 2017. Las simulaciones numéricas incluyen una serie de dominios anidados con una resolución espacial máxima de 2 km, utilizando datos del perfilador de vientos de la RUOA para estimar el desempeño del modelo WRF en la vertical. Para el análisis de los vientos se extrajeron series de tiempo en algunas localidades de la CDMX analizando los ciclos diurnos en diversos meses contrastándolos con los correspondientes de concentración de polen. Los resultados analizados muestran que la evolución intradiaria del polen de encino está fuertemente relacionada con la divergencia de los vientos.

SE20-13

DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES DE UN LIDAR PERFILADOR DE VIENTOS COMO PARTE DE LA RUOA

Grutter Michel, Quintanar Arturo, Ochoa Carlos Abraham, Martínez López Benjamín, Zavala-Romero Olmo, Ruiz-Angulo Angel y Magaldi Adolfo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 grutter@unam.mx

Recientemente, como parte de la expansión instrumental de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), se adquirió y se instaló en febrero de 2017 un LIDAR-Doppler (Light Detection and Ranging) que permite obtener perfiles de viento en la columna atmosférica a través de sondeos tipo "Doppler Beam Swinging" (DBS), distribuciones bidimensionales de las velocidades radiales en un plano cuasi-horizontal "Plan Position Indicator" (PPI) y en un plano vertical "Range Height Indicator" (RHI). La estimación del campo de vientos se hace posible debido al movimiento de aerosoles y al corrimiento que inducen en la señal de retro-dispersión (efecto Doppler) de los pulsos del láser. Por otra parte, el instrumento es capaz de perfilar a distintos niveles en la columna atmosférica dependiendo del tiempo de demora de la señal sensada, pues las distancias o rangos son equivalentes al tiempo recorrido entre el momento de la emisión y detección de cada pulso. Uno de los objetivos de la RUOA es crear una climatología de vientos en altura y el LIDAR ubicado en la azotea del Centro de Ciencias de la Atmósfera es un paso en esta dirección. A escalas de tiempo de días y horas el instrumento puede resolver fenómenos como ondas de gravedad, vientos valle-montaña y cizallamiento. Se presentan perfiles de viento en el CCA, comparando con datos del sondeo del SMN en Tacubaya y con el perfilador de vientos de la SEDEMA.

SE20-14

COEFICIENTE DE VENTILACIÓN DERIVADO A PARTIR DEL NUEVO PERFILADOR DE VIENTOS DE LA RUOA: IMPLICACIONES EN LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Ruiz-Angulo Angel, Ochoa Carlos Abraham, Magaldi Adolfo, Quintanar Arturo, Grutter Michel, Zavala-Romero Olmo, Martínez López Benjamín, García Franco Jorge L., González M. Eugenia y Pierard Manzano Claudio Marcelo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 angel@atmosfera.unam.mx

La calidad del aire en la Ciudad de México se ha deteriorado en los últimos años. Existen diversas medidas que buscan controlar las emisiones; sin embargo, la meteorología regional también es un factor importante. Como parte de la Red Universitaria de Observatorios atmosféricos (RUOA) se ha conseguido adquirir un perfilador de vientos que permite medir la velocidad del viento dentro de la capa límite atmosférica. A partir de los perfiles verticales y la altura de capa de mezcla se puede definir el Coeficiente de Ventilación que se puede entender como la capacidad que tiene la atmósfera de dispersar/diluir contaminantes. Aún cuando las mediciones con las que se cuenta actualmente son de menos de un año, existe una correlación entre los días de mala calidad del aire y un coeficiente de ventilación bajo. Dentro de los productos operacionales que proporciona la RUOA, se propone incluir este parámetro como una métrica que permitirá observar en tiempo quasi-real la capacidad de ventilación en al menos una estación dentro del Valle de México. Se compara también dicho coeficiente con el derivado a partir de los radiosondeos lanzados durante el mismo periodo de mediciones simultáneas.

SE20-15

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE AEROSOL ATMOSFÉRICOS EN JURIQUILLA QUERÉTARO

Salcedo González Dara¹, Álvarez Ospina Harry² y Castro Telma³

¹UMDI-Juriquilla Facultad de Ciencias UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
dara.salcedo@ciencias.unam.mx

La estación Juriquilla, ubicada en la ciudad de Querétaro, de la Red Universitaria de Observatorios Atmosférico cuenta, entre otros equipos, con un Monitor de Especies Químicas de Qerosoles (ACSM por sus siglas en inglés) el cual determina la concentración y composición química del material particulado menor a 1 micrómetro, en tiempo real con una resolución en tiempo de 30 minutos. En este trabajo se presenta una discusión de los datos obtenidos durante el año 2015. Se utilizan datos de otros variables atmosféricas (meteorología y concentraciones de gases criterio) y retrotrayectorias usando el modelo HYSPLIT, para interpretar las variaciones observadas. La concentración y composición de los aerosoles en Querétaro se compara con resultados de estudios anteriores en la Ciudad de México.

SE20-16

VARIACIONES ESTACIONALES DE CARBONO NEGRO (BC), MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) EN LA EVALUACIÓN DE INVENTARIOS DE EMISIONES

Liñán Abanto Rafael Nery¹, Peralta Oscar¹, Salcedo González Dara¹,
Arnott Patrick², Paredes Miranda Guadalupe², Álvarez Ospina Harry²,
Carabali Giovanni³, Ruiz Gerardo³, Grutter Michel³ y Castro Telma³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²University of Nevada, Reno

rafael.linan@atmosfera.unam.mx

Se realizaron mediciones continuas de concentración de carbono negro (BC), y relaciones de mezcla de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂), de noviembre de 2014 a julio de 2016, en dos estaciones de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA): Ciudad Universitaria-UNAM, Ciudad de México y Juriquilla, Querétaro. El BC se midió con un Extintómetro Fotoacústico (PAX); mientras que las observaciones de CO y CO₂ con un Analizador por Espectroscopia en una Cavidad del tipo "RingDown" (Analizador CRDS); ambos instrumentos son muy precisos y de alta resolución temporal. En Ciudad de México, las concentraciones anuales promedio de BC, CO y CO₂ fueron de 2.80 µg/m³, 0.59 ppm y 419.48 ppm; mientras que, en Querétaro, de 0.93 µg/m³, 0.24 ppm y 400.00 ppm, respectivamente. Las correlaciones BC-CO, BC-CO₂ y CO-CO₂ se utilizan para estimar las principales fuentes de BC y CO. Se encontró una buena correlación de BC-CO, BC-CO₂ y CO-CO₂ en todo el periodo de mediciones debido a la similitud de las fuentes. Por lo tanto, las pendientes de las correlaciones BC-CO (#BC/#CO), BC-CO₂ (#BC/#CO₂) y CO-CO₂ (#CO/#CO₂) son parámetros útiles para validar inventarios de emisiones. Las concentraciones de estas especies se incrementan con la disminución de la velocidad del viento. Para viento débil (WS # 2m/s), BC, CO, CO₂ y #EC/#CO alcanzan sus máximos temprano por la mañana. Estos resultados indican una contribución dominante de los escapes de los vehículos diésel al BC de la mañana. Las pendientes de las correlaciones de BC-CO, BC-CO₂ y CO-CO₂ se comparan con las relaciones BC/CO, BC/CO₂ y CO/CO₂ del último inventario de emisiones de Ciudad de México 2014.

SE20-17

MODELACIÓN DE REGÍMENES PRINCIPALES DE TRANSPORTE ATMOSFÉRICO EN QUERÉTARO, MÉXICO

Rozanes Valenzuela Daniel Atreyu¹, Salcedo González
Dara², Magaldi Adolfo² y Álvarez Ospina Harry²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²UMDI-J Facultad de Ciencias, UNAM

³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
d.atreyu@ciencias.unam.mx

El transporte de contaminantes atmosféricos puede influenciar de manera significativa las concentraciones medidas por estaciones de monitoreo de calidad del aire en zonas urbanas. De esta manera, es un problema abierto determinar si las mediciones de calidad del aire registradas en la ciudad de Santiago de Querétaro son influenciadas por contribuciones provenientes de distintas fuentes en zonas alejadas localizadas en la región centro de México, en las que se ha experimentado un fuerte desarrollo industrial y urbano en las últimas décadas. El objetivo del presente trabajo es reconocer los regímenes predominantes de viento en la región, y con esto poder determinar las vías principales de transporte de contaminantes. Para ello se obtuvieron retro trayectorias de 12h usando el modelo HYSPLIT durante el año 2016, con el punto receptor de las trayectorias en el observatorio de la RUOA de Juriquilla, Querétaro, buscando relacionar el transporte y las concentraciones de contaminantes. El modelo fue inicializado con las salidas del North American Mesoscale (NAM) Model, disponibles en línea de manera gratuita. Se llevó a cabo un

análisis por "clustering" sobre las trayectorias para determinar las vías principales de transporte en distintos momentos del año y del día, con el fin de reconocer patrones estacionales y diurnos.

SE20-18

ESTUDIO SOBRE LA VARIACIÓN DE LAS PARTÍCULAS PM₁₀, PM_{2.5} Y LA FRACCIÓN (PM₁₀-PM_{2.5}) EN JURIQUILLA, QUERÉTARO Y SU RELACIÓN CON VARIABLES METEOROLÓGICAS

Navarro Medina Abigail¹ y Torres Jardón Ricardo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
abinm@ciencias.unam.mx

La ZMQ se asienta en la cuenca de Querétaro, por su situación orográfica y el patrón de vientos predominantes podrían ser los causantes de que la contaminación sea acarreada por los vientos desde otras áreas hacia la ZMQ. Se investigó la influencia de la meteorología regional y sinóptica en la calidad del aire respecto a partículas en un sitio suburbano (Juriquilla) al norte de la ZMQ, así como del papel de la fracción gruesa (PM₁₀ -PM_{2.5}) en la ocurrencia de eventos de PM₁₀ en este sitio. Se analizaron registros de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, y de las variables meteorológicas: dirección e intensidad de viento, humedad relativa, precipitación, temperatura ambiente y presión atmosférica de la estación de monitoreo de Juriquilla de la RUOA, UNAM en el periodo 2014-2016. Asimismo, se consultaron cartas de sinópticas de análisis de tiempo de la NOAA y se construyeron trayectorias de retroceso asociadas a eventos previamente identificados con el modelo HYSPLIT. Los resultados indican que el año 2016 presentó las mayores concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} siendo los niveles más altos registrados en la temporada cálida-seca, particularmente en Abril, cuando los vientos predominantes fueron del suroeste. Las respectivas normas de calidad del aire no fueron rebasadas, aunque las recomendaciones de la OMS sí. Se obtuvieron buenas correlaciones entre PM₁₀ y la fracción gruesa. Se considera que la fracción gruesa esta constituida básicamente de polvos de origen natural. El cociente (fracción gruesa/PM₁₀) indica que hay una mayor dominancia de polvos en la temporada fría-seca (cociente = 0.54) que en la de lluvias (cociente = 0.49). El análisis de frecuencia entre la concentración promedio horario de PM₁₀ y la dirección de viento asociada indica en la temporada cálida-seca los vientos dominantes son del SO-SSO-S y del NNO-N con concentraciones relativamente bajas; en fría-seca los vientos en general provienen del NNO-N y NE con un rango de concentraciones más amplio; y en la temporada de lluvias el viento dominante es del NE alcanzándose concentraciones ocasionales mayores a 150 µg/m³. En general, las PM₁₀, PM_{2.5} y la fracción gruesa no presentan correlación significativa con las otras variables meteorológicas ni con variaciones en las condiciones sinópticas. Los eventos con mejores correlaciones se obtuvieron con respecto a temperatura y humedad durante las horas con luz. El análisis de trayectorias de retroceso con HYSPLIT en eventos de PM₁₀, no hay una región en particular recurrente, por lo que se asume que las emisiones locales naturales son la principal fuente de contaminación atmosférica en la ZMQ.

SE20-19

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA BASE DE DATOS DE LA RUOA-UNAM: CAMPOS DE VIENTOS Y PRECIPITACIÓN DEL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO ALTZOMONI

Morales Acoltzi Tomás¹, Grutter Michel¹, Bernal Morales Rogelio² y Herrera Cortés Silvia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de Tlaxcala
acoltzi@atmosfera.unam.mx

El Observatorio Atmosférico Altzomoni (ALTZ), está en el estado de México con coordenadas Longitud Oeste # = 98.6552°, Latitud Norte # = 19.1187° y con una Altitud h = 3985 msnm. Podemos considerar esta estación de altura como Rural, y la base de datos meteorológicos tiene un período del 2014-05 al 2017-07, para En el caso de este estudio consideramos el campo de viento cada hora con datos faltantes del orden de 14.82%, 5441 # 227 días. Como el número de observaciones es relativamente pequeño, el análisis se realizará desde un punto de vista de Minería de Datos. Aclarando, los datos los transformaremos en información y, en una primera etapa, a lo más propendremos una hipótesis. Ya que en este enfoque se invierte la dinámica del método Científico, es decir, no podemos probar la hipótesis con los mismos datos. En este estudio consideramos el campo de viento. El análisis se efectuó considerando varias escalas en el Tiempo. Realizamos una rosa de vientos y su respectivo análisis de frecuencias haciendo énfasis en los valores "extremos" para todo el periodo, en forma anual y mensual. Para ampliar la información y tener mejor nuestras conclusiones, incluimos una "rosa de precipitación". Lo que nos permitió identificar la estación de "lluvias", monzón "Mexicano", entre otros. La conclusión que resalta del análisis es la dinámica de los alisios, sugiriendo una tele conexión entre El Golfo de México y el Océano Pacífico. Por lo que se consideró en todo el estudio la fase del ENSO, en el 2013 fue NEUTRO negativo; para 2014 también NEUTRO 6 meses negativo y 6 meses positivo; EL NIÑO durante el 2015; para el 2016 EL NIÑO (5 meses), NEUTRO (2 meses), LA NIÑA (5 meses).

SE20-20

IDENTIFICACIÓN DE EMISIONES URBANAS EN EL OBSERVATORIO DE ALTZOMONI

Retama Armando¹, Jaimes Palomera Mónica¹, Rivera Hernández Olivia¹,
Sánchez Rodríguez Miguel¹, López Medina Alfonso¹ y Grutter Michel²

¹Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
armando.retama@gmail.com

El observatorio de Altzomoni (lat=19.1187 N, long=98.6552 O, alt=3985 msnm) forma parte de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (ROUA) e inició actividades a partir de 2012. Desde el inicio de la operación la Dirección de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, ha colaborado en este proyecto con instrumentos para el monitoreo continuo de los contaminantes criterio, por lo tanto, además de la importancia científica del sitio, puede considerarse también como la estación de monitoreo de la calidad del aire ubicada a la mayor altitud en el país. Los datos de la medición continua de los contaminantes criterio indican la presencia de compuestos asociados a la contaminación urbana, como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, los cuales tienen su principal origen en las emisiones vehiculares. El análisis preliminar de los datos obtenidos en Altzomoni sugiere que la presencia de estos contaminantes está asociada con el transporte regional de la contaminación generada en los centros urbanos de la región central del país, de los cuales la Ciudad de México y su área metropolitana es quizá la fuente más importante, pero no la única. Por otra parte, se identificó la presencia de altas concentraciones de ozono asociadas no solo a la contribución natural de fondo también al transporte regional, con concentraciones que superan los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana.

SE20-21

INFLUENCIA DE LA CARACTERIZACIÓN ORGÁNICA EN LA FORMACIÓN DE NÚCLEOS DE CONDENSACIÓN DE NUBE EN LA MEGALÓPOLIS DE MÉXICO

García-García Fernando, Frías Cisneros Mildred L. y Montero Martínez Guillermo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
ffgg@atmosfera.unam.mx

Con el objetivo de investigar la influencia del transporte de contaminantes en la formación y desarrollo de nubes en la Megalópolis de México, y en el marco de la Megacities Initiative: Local And Global Research Observations (MILAGRO), durante marzo de 2006 se realizaron mediciones de núcleos de condensación de nube (CCN) en el sitio de Altzomoni (Paso de Cortés). Dicho lugar, localizado a 4,010 m de altitud, se caracteriza por encontrarse continuamente dentro de la capa de mezcla atmosférica, cuyas propiedades dependen de la circulación de los vientos de gran escala. Por esta razón, el sitio está expuesto a las emisiones de contaminantes provenientes de zonas urbanas e industriales aledañas, incluyendo la Ciudad de México (60 km al noroeste), Puebla (50 km al este) y Cuernavaca (70 km al suroeste). Durante la campaña de muestreo se midieron concentraciones de CCN utilizando una cámara de difusión de gradiente térmico en un rango de sobresaturación entre 0.2 y 0.7%, en un horario de las 1000 a las 1800 HL. Para determinar el origen de las masas de aire que arribaron al sitio, se reconstruyeron las trayectorias del viento a escala sinóptica a partir de datos de los Centros Nacionales para la Predicción Ambiental de los Estados Unidos (NCEP). Las condiciones locales fueron monitoreadas mediante una estación meteorológica instalada en el sitio. A partir de las mediciones realizadas, se determinó que la distribución de CCN cumple con una ecuación de activación tipo ley de potencias; y que los coeficientes de activación varían conforme al origen de la masa de aire. Además, utilizando la ecuación de Köhler con mediciones de partículas totales durante la misma campaña, se realizaron simulaciones numéricas mediante un modelo de parcela con microfísica detallada y con diferentes escenarios de composición química de los aerosoles. Se muestra que ciertos escenarios, considerados como mezclas externas de partículas con distintas abundancias y composiciones químicas, son más plausibles para explicar el comportamiento de los CCN en el sitio.

SE20-22

MEDICIÓN DE FLUJO DE SO₂ DE LA PLUMA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DESDE EL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO DE ALTZOMONI

Schiavo Benedetto¹, Stremme Wolfgang², Grutter Michel¹,
Campion Robin², Rivera Cardenas Claudia³ y Retama Armando⁴

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Química, UNAM

⁴Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México
benedetto@atmosfera.unam.mx

La importancia de generar series de tiempo, diarias, mensuales y anuales de las emisiones de gases volcánicos, está descrita y comprobada por muchos estudios científicos. Las series de tiempo del bióxido de azufre del volcán Popocatepetl nos

permitirán detectar anomalías en los procesos volcánicos y ayudar a estimar el flujo total de emisiones para mejorar nuestra comprensión sobre impacto ambiental y equilibrio de la atmósfera. El monitoreo de la actividad del volcán Popocatepetl es aún más importante debido a la población más cercana alrededor del volcán y debido a su ubicación de sólo 50 km al sureste de la Ciudad de México y de su aeropuerto. El objetivo principal del trabajo fue detectar el SO₂ utilizando una cámara UV (ultravioleta) con diferentes filtros paso de banda, las correcciones de las imágenes espectrales y el cálculo del flujo volcánico. Las imágenes capturadas necesitan ser corregidas por efectos instrumentales (bias and dark current), ópticos (vignetting) y ambientales (flattening). Los primeros dos efectos son bastante constantes e independientes de las condiciones ambientales, sin embargo el "flat-field", como la transferencia radiativa, depende de las condiciones ambientales y debe corregirse para reducir los errores en los resultados. Un simple modelo de transferencia radiativa es también indispensable para la corrección de la dilución de la luz, efecto que depende sobre todo de la longitud de onda y de la distancia entre la fuente (pluma volcánica) y el instrumento. El flujo volcánico, factor de fundamental importancia para los vulcanólogos, fue calculado con el producto del integral de la concentración del gas (SO₂) en la sección transversal de la pluma (en columna inclinada o en ppm*m) por la velocidad del viento, deducida por imágenes secuenciales. Por último, comparaciones entre datos SO₂ de superficie tomados in situ en la estación de Altzomoni y datos de la pluma volcánica, serán presentados. Las mediciones se tomaron desde el Observatorio Atmosférico de Altzomoni (19.12N, -98.65W, 3.985 msnm), que forma parte de la RUOA (www.ruoa.unam.mx) y NDACC (<https://www2.acom.ucar.edu/~lrwg/>). La estación se encuentra al norte del cráter, a 11 km de distancia. Los datos para calcular el flujo de SO₂ (t/d o kg/s) se capturaron con una cámara UV QSI y se procesaron utilizando códigos en Python.

SE20-23 CARTEL

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA BASE DE DATOS DE LA RUOA-UNAM: CAMPOS DE VIENTOS Y PRECIPITACIÓN DEL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO UNAM

Morales Acoltzi Tomás¹, Grutter Michel¹, Bernal Morales Rogelio² y Herrera Cortés Silvia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de Tlaxcala
acoltzi@atmosfera.unam.mx

El Observatorio Atmosférico UNAM, está en el Centro de Ciencias de la Atmósfera en Ciudad Universitaria, con coordenadas Longitud Oeste $\lambda = 99.1761^\circ$, Latitud Norte $\phi = 19.3262^\circ$ y una Altitud $h = 2\,280$ msnm. La estación es considerada Urbana y la base de datos meteorológicos tiene un período que va desde el 30 junio de 2014 hasta el 13 de julio de 2017, para cada minuto y cada hora. Como el número de observaciones es relativamente pequeño, el análisis se realizará desde un punto de vista de Minería de Datos. Aclarando, los datos los transformaremos en información y, en una primera etapa, a lo más propondremos una hipótesis. Ya que en este enfoque se invierte la dinámica del método científico, es decir, no podemos probar la hipótesis con los mismos datos. En este estudio consideramos el campo de viento cada hora de la rapidez del viento: datos faltantes del orden de 6.29%, 1690 # 70 días. El análisis se efectuó considerando varias escalas en el Tiempo. Realizamos una rosa de vientos y su respectivo análisis de frecuencias haciendo énfasis en los valores "extremos" para todo el periodo, en forma anual y mensual. Para ampliar la información y tener mejor nuestras conclusiones, incluimos una "rosa de precipitación". Lo que nos permitió identificar la estación de "lluvias", la Sequía intraestival, circulaciones asociadas a la isla de calor, principalmente. La conclusión que resalta del análisis es la complejidad en su dinámica por la interacción de diferentes escalas activadas.

SE20-24 CARTEL

PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD DE DATOS PARA LA RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFÉRICOS, UNAM

Quintero Vallejo Edson Yael, González del Castillo Eugenia,
Flores Román Delibes, Grutter Michel y Holwerda Friso
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
eds07n@ciencias.unam.mx

El contar con mediciones meteorológicas confiables es esencial para asegurar el desarrollo de investigación de calidad y de frontera en muchas áreas de las ciencias. Sin embargo, al realizarse mediciones de distintas variables y en diferentes sitios, es inevitable enfrentarse a problemas y errores, por lo que la implementación de controles de calidad es un aspecto muy importante. La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue creada para incrementar la investigación y formación de recursos humanos en las ciencias atmosféricas. Actualmente cuenta con 10 observatorios atmosféricos y 3 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio mexicano, y todas en conjunto registran diariamente miles de datos meteorológicos para su uso libre. El objetivo de este trabajo es presentar los procedimientos que se siguen para el tratamiento y revisión de los datos meteorológicos que provee la RUOA, así como el panorama a futuro de la misma. Debido a la complejidad y el constante crecimiento de la red, existe la necesidad de automatizar procedimientos de control de calidad de datos. Sin embargo, después de filtrar los errores más evidentes, la inspección visual de los datos sigue siendo una parte muy importante

del proceso de revisión. Finalmente, nuestro objetivo es crear los programas de control de calidad con software de acceso libre (Python) y ponerlas a disposición del público a través de la página web de la RUOA.

SE20-25 CARTEL

OBSERVATORIO COSTERO DEL SURESTE Y LA RUOA

Allende-Arandia Ma. Eugenia, Figueroa Espinoza Bernardo, Salles Afonso de Almeida Paulo, Torres Alec, Mendoza E. Tonatihu, López González José, Appendini Christian M., Medellín Mayoral Gabriela, Ojeda Casillas Elena, Cerezo-Mota Ruth y Martín-Ruiz Gonzalo
*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mallendea@ingen.unam.mx*

Dada la importancia estratégica y ecológica que tienen las zonas costeras en México y en el mundo (México tiene más de 11,000 km de costas), y con el objetivo de contribuir al monitoreo nacional del océano y la atmósfera, así como al desarrollo de investigaciones de sistemas costeros, el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros del Instituto de Ingeniería de la UNAM (LIPC), en colaboración con las instituciones participantes del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC), consolida el Observatorio Costero del Sureste (OCS), como una iniciativa para hacer pública la información que se genera en las diferentes áreas de investigación. La infraestructura, equipamiento y localización geográfica hacen del LIPC-Unidad Académica Sisal (UAS) un lugar ideal para el establecimiento de un Observatorio Costero, que cuenta ya con estaciones de monitoreo (atmósfera, océano), experimentos de laboratorio (canal de olas) y de simulaciones numéricas de mediana y pequeña escala (WRF, PRECIS, RegCM3, MIKE, ROMS, SWAN, SWASH), así como experimentos en campo en distintos puntos de la Península de Yucatán (ej. una torre de flujos en la reserva estatal El Palmar). Más aún, los esfuerzos coordinados del OCS y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM han permitido instrumentar una nueva estación de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) en el LIPC-UAS, que contribuye con información meteorológica en tiempo real a través de una plataforma estandarizada y administrada por la red RUOA, favoreciendo el intercambio y colaboración institucional. La información histórica y en tiempo real tanto del OCS como de la red RUOA es accesible vía web de forma gratuita.

SE20-26 CARTEL

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AGUASCALIENTES

Ramírez López Elsa Marcela¹, Miranda Madrigal Paula¹, Torres González Alejandro², Torres Jardón Ricardo² y Meraz Jiménez Antonio de Jesús²

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 enramir@correo.uaa.mx

Aguascalientes se encuentra dentro de los estados más pequeños de país, cuenta con una población de aproximadamente 800,000 habitantes; y con diez parques industriales y más de 500 ladrilleras, cuatro de las ciudades industriales se encuentran en el municipio de Aguascalientes. La actividad industrial en Aguascalientes se basa principalmente en la automotriz, fundición, metalmecánica, electrónica, textil, y la agroindustria. La Universidad Autónoma de Aguascalientes forma parte de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) con el fin de conocer la calidad del aire en el municipio de Aguascalientes. El objetivo fue estudiar la calidad del aire en el municipio de Aguascalientes a partir de las series de tiempo de los contaminantes criterio y las partículas respirables de la estación de monitoreo atmosférico de la RUOA, durante el periodo de julio 2015 a junio 2016. El análisis de la calidad de las series de tiempo se realizó de acuerdo a las normas oficiales mexicanas aplicadas a los contaminantes criterio y las partículas respirables, determinando el percentil 98, y para observar su posible dispersión se elaboraron las rosas de los vientos. La estación de monitoreo atmosférico se encuentra localizada al norponiente del municipio en las coordenadas geográficas de latitud 21.91 °N, y 102.32° longitud W, a una altura de 1860 MSNM. El análisis de los contaminantes criterio han mostrado que la calidad del aire por la presencia de partículas respirables rebasó la norma NOM-025-SSA1-2014. Las PM10 presentaron una exposición aguda, teniendo una calidad del aire fuera de norma. El percentil 98 fue rebasado dando una exposición crónica a las partículas respirables, por lo que es probable que se tenga algún impacto en la salud de la población del municipio de Aguascalientes.

SE20-27 CARTEL

CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO EN DEPÓSITO HÚMEDO (FRACCIÓN SOLUBLE E INSOLUBLE) COLECTADO EN 2 ESTACIONES DE LA RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFÉRICOS (RUOA), CIUDAD UNIVERSITARIA Y ALTZOMONI

Méndez Héctor, García Rocío y López Moisés
*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 hectormendez.qtb@gmail.com*

El estudio del mercurio (Hg) en precipitación pluvial por influencia de emisiones naturales y antropogénicas en México han sido limitado, así como su distribución y

migración en la atmósfera está determinado, por ejemplo; por su alta volatilidad a temperatura ambiente y por acción del viento; el Hg en la atmósfera es transportado y depositado en seco o húmedo a grandes distancias desde su fuente de origen. En este trabajo se determinó la concentración de mercurio total (Hg-Total) en precipitación pluvial en el periodo de lluvias 2016, en dos sitios pertenecientes a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA-www.ruoa.unam.mx): Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM (19.33N, -99.18W, 2,280 msnm) y en el Altzomoni (19.12N, -98.65W, 3,985 msnm). La determinación de Hg-Total se realizó utilizando la técnica de Absorción Atómica por vapor frío. El objetivo de este trabajo de investigación fue la evaluación cuantitativa de la fracción soluble e insoluble del depósito húmedo para identificar el sitio (sitio urbano y sitio rural) más impactado por Hg.

SE20-28 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL VAPOR DE AGUA PRECIPITABLE EN EL CENTRO DE MÉXICO A TRAVÉS DE LAS TÉCNICAS FTIR Y GPS EN DOS SITIOS DE LA RUOA

García Zuber Alain Jair, Baylón Jorge, Guarín Durán Cesar Augusto, Bezanilla Morlot Alejandro, Stremme Wolfgang, Grutter Michel y Adams David
*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 zuber@comunidad.unam.mx*

El ciclo del agua juega un papel importante en la vida sobre la Tierra. En los Trópicos, a través de la convección profunda, el vapor de agua representa una parte crítica en el balance energético. A demás, a nivel global, el vapor de agua es el gas de efecto invernadero más importante debido al intercambio de calor entre las diferentes esferas y a su gran variabilidad espacial y temporal. El presente estudio describe las estimaciones de la cantidad de vapor de agua precipitable (PWV) a través de dos métodos: la espectroscopia de absorción solar FTIR (espectroscopia de transformada de Fourier en el Infrarrojo) y GPS (Sistema de Posicionamiento Global). La espectroscopia de absorción solar se caracteriza por su funcionalidad durante días soleados, alta precisión, y la posibilidad de estimar las concentraciones de varios gases traza al mismo tiempo. El método GPS PWV por su capacidad de realizar mediciones en días nublados, con poca precipitación e incluso durante la noche. Cada instrumento pertenece a una red diferente, FTIR a NDACC y GPS a TIALOCNet. La comparación de sus resultados en los sitios de RUOA puede determinar la comparabilidad de las observaciones en las diferentes redes. Las mediciones se realizaron en observatorios atmosféricos de Altzomoni (ALTZ) y en la Ciudad de México (UNAM) entre los años 2014-2016. La estación en Ciudad Universitaria (19.33°N, 99.18°O, 2260 m.s.n.m) representa un escenario ideal para realizar estudios en un valle altamente urbanizado. Por otra parte, la estación Altzomoni (19.12°N, 98.65°O, 4010 m.s.n.m) por su gran altitud es el lugar ideal para realizar estudios regionales en un ambiente poco contaminado. El uso de ambos métodos representa una poderosa herramienta en la descripción diurna, semanal, mensual, estacional, anual e incluso a largo plazo, formar parte de estudios climatológicos.

SE20-29 CARTEL

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE METANO EN SEIS ESTACIONES DE LA RUOA

Bezanilla Morlot Alejandro, Grutter Michel, Stremme Wolfgang y Baylón Jorge
*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 abezanilla@atmosfera.unam.mx*

El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importante, que a pesar de provocar un forzamiento radiativo menor al del bióxido de carbono, por su menor abundancia, cuenta con un potencial de calentamiento global 25 veces mayor al del CO2. Además es bien conocido que la concentración atmosférica de este gas está aumentando rápidamente, en gran parte debido a la actividad antropogénica. Es por esto que es de vital importancia realizar mediciones continuas de este gas, para poder determinar la magnitud de este aumento y tratar de identificar posibles tendencias. La RUOA (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos) cuenta con 6 estaciones en las que se realizan mediciones continuas de este gas con analizadores (PICARRO G2402) basados en la técnica de Cavity Ring-Down Spectroscopy. Esta técnica es ampliamente utilizada para el análisis de muestras gaseosas que absorben radiación en el rango espectral del infrarrojo. Entre las ventajas que presenta la técnica se encuentra que es capaz de proporcionar valores muy exactos de la concentración de las especies que son medidas, en rangos que pueden llegar hasta el orden de los ppt. Las estaciones en las que se realizan estas mediciones distribuidas de la siguiente forma: 3 estaciones están ubicadas en sitios protegidos que son reservas de la biosfera, y las otras tres estaciones se encuentran en zonas urbanas. En este trabajo se presentan los primeros resultados del comportamiento de la concentración de metano en estas estaciones. Se realiza una comparación entre los diferentes tipos de estación: rural y urbana. Además se tratará de determinar, de ser posible, los ciclos diurnos y anual, al igual que la tendencia de las series de tiempo.

SE20-30 CARTEL

OZONO EN EL CENTRO DE MÉXICO: TENDENCIA Y VARIABILIDAD DE CONCENTRACIÓN Y COLUMNA DESDE 2012

Pavia Ruben¹, Grutter Michel¹, Plaza-Medina Eddy¹, Stremme Wolfgang¹ y Retama Armando²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México
www.ruben6@gmail.com

El Observatorio Altzomoni (19.1187° N, 98.6552° W) es una estación de altura dedicada al estudio de investigaciones atmosféricas que está ubicada a 3985 metros sobre el nivel del mar dentro del el Parque Nacional Izta-Popo. Altzomoni es un integrante de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA); allí se obtienen mediciones in situ de las concentraciones de ozono (O₃) de manera continua. Adicionalmente, Altzomoni cuenta con un espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) que forma parte de la Red para la Detección de Cambios en la Composición Atmosférica (NDACC, por sus siglas en inglés). Con este instrumento se miden remotamente espectros solares de alta resolución y, posteriormente, se determinan perfiles verticales suavizados de la concentración de ozono y de otra decena de gases atmosféricos, así como su columna total. En este trabajo se comparan los dos tipos de mediciones y se analizan la variabilidad estacional, tendencia y anomalías del ozono en el centro de México a partir de los datos obtenidos desde el año 2012. Además, se estudia la concentración en la atmósfera libre y su relación con la concentración en la capa límite. Lo anterior resulta importante para mejorar nuestro entendimiento de la influencia del ozono de la atmósfera media y alta sobre el ozono a nivel de superficie en el Valle de México, el cual ha despertado gran interés debido a los problemas de salud y contaminación con los que se ha asociado.

SE20-31 CARTEL

DETERMINACIÓN DE COLUMNAS TOTALES DE AMONIACO SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO A PARTIR DE ESPECTROSCOPÍA FTIR DE ABSORCIÓN SOLAR

Herrera Gutiérrez Beatriz, Stremme Wolfgang, Baylón Jorge, Guarín
Duran Cesar Augusto, Grutter Michel y Bezanilla Morlot Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
bahg1993@gmail.com

El amoníaco (NH₃) es el componente alcalino más abundante en la atmósfera por lo que ayuda a neutralizar algunos ácidos presentes en ésta y es precursor de los aerosoles atmosféricos de nitrato y sulfato de amonio, que tienen diversas repercusiones en el medio ambiente, en la salud humana y en el forzamiento radiativo del planeta. En este trabajo se recuperaron las columnas totales de amoníaco (moleculas/cm²) a partir de mediciones de percepción remota con espectroscopía de absorción solar en el infrarrojo utilizando un espectrómetro FTIR y un rastreador solar. Dichas mediciones fueron realizadas en el observatorio atmosférico "UNAM" de la RUOA ubicado en la azotea del Centro de Ciencias de la Atmósfera en Ciudad Universitaria (19.33N, 99.18W, 2260 m s.n.m.) durante el periodo Abril 2012 - Diciembre 2016 obteniéndose una columna promedio de 1.18x10¹⁶ moleculas/cm². Utilizando las direcciones de viento de la estación meteorológica de la RUOA, se encontró una correlación entre las columnas de mayor valor y el viento proveniente del noroeste de la Ciudad de México. Estos resultados se compararon con mapas de distribución espacial promedio del NH₃ obtenidas con datos satelitales obtenidos con el Interferómetro de Sondeo Atmosférico Infrarrojo (IASI) encontrándose una buena correlación.

SE20-32 CARTEL

VARIACIÓN ESTACIONAL DE CARBONO NEGRO ATMOSFÉRICO EN CIUDAD UNIVERSITARIA DURANTE 2015-2016

De la Cruz Ana Karen¹, Peralta Oscar², Barrera Hugo³,
Álvarez Harry², Ortiz Abraham² y Castro Telma²¹Instituto Politécnico Nacional, IPN²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM³Instituto Politécnico Nacional
karenggranado94@hotmail.com

Se realizó el procesamiento estadístico y análisis de datos de carbono negro medido en Ciudad Universitaria durante 2015 y 2016. Los datos fueron recopilados a través de un extintómetro fotoacústico (PAX). Esto como primer diagnóstico del monitoreo en uno de los sitios que integrarán la Red de Carbono Negro en México. La información referente a las variables meteorológicas se obtuvo mediante las bases de datos de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos. A través de la representación gráfica de la información se encontró que el carbono negro tiene un patrón de comportamiento muy definido de manera horaria, teniendo máximas concentraciones entre las 7:00 y 9:00 horas (hora local) y presentando las menores concentraciones durante los fines de semana. La división del tiempo de muestreo en las temporadas cálida húmeda y fría seca permitió identificar factores asociados a éstas que influyen en el comportamiento del carbono negro

(por ejemplo, la presencia de precipitación). Sin embargo, en el periodo anual no se logró encontrar un patrón definido, por lo que se requiere continuar el monitoreo de este contaminante. La elaboración de gráficos que asocian la concentración de carbono negro con el comportamiento de algunas variables meteorológicas como velocidad de viento, presión atmosférica, precipitación, humedad relativa y temperatura permite observar cómo se correlaciona con parámetros meteorológicos. Por otro lado, se realizaron correlaciones estadísticas entre el CO y PM_{2.5} con el carbono negro, respectivamente, encontrando que este último y el CO se encuentran fuertemente relacionados debido a que ambos son contaminantes primarios y se presume podrían compartir fuentes de emisión (posiblemente identificadas mediante rosas de concentración realizadas en este trabajo). A su vez, la relación carbono negro-PM_{2.5} mostró una menor relación, debido a que aquellas tienden mayormente a ser secundarias. Se encontró que de 2015 a 2016 se incrementó la concentración anual de carbono negro, pasando de 2.53 a 2.93 µg m⁻³, por lo cual se recomienda continuar con el establecimiento de la red para monitorear de manera continua a este contaminante.

SE20-33 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS TRAZAS EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE TRES SITIOS DE LA RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFÉRICOS (RUOA)

Rosas Martínez Yesica Paola, García Martínez Rocío y López Carrasco Moisés
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
yesicap_rosas16@hotmail.com

La contaminación ambiental es un problema que cada día preocupa más a todas las personas que habitamos en el planeta. En México como en muchas otras ciudades millones de personas viven expuestas a niveles de contaminación del aire superior a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La lluvia, el viento y la vegetación pueden remover los contaminantes, transformarlos o inmovilizarlos, haciendo que no sean nocivos a los organismos; sin embargo, es natural que esta capacidad de limpieza tenga límites, por lo que los problemas reales de contaminación surgen cuando las emisiones contaminantes son excesivas y sobrepasan dicha capacidad. La precipitación pluvial favorece la remoción de metales trazas que se disuelven, fundamentalmente, a pH ácido. Estas especies químicas provocan lluvias contaminadas que afectan a los ecosistemas y la salud humana. El objetivo de este trabajo fue determinar elementos trazas presentes en agua de lluvia, colectada en tres sitios de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), pertenecientes a la UNAM. Los sitios de muestreo presentan orografía y urbanización diferentes y son: Ciudad Universitaria, Parque Nacional Izta-Popo, Edo. de México y el Campus en Juriquilla, Querétaro, para lo cual se colectaron muestras de lluvia por evento y semanales provenientes de las estaciones de monitoreo 2 urbanas y una rural en México durante el periodo mayo-octubre 2016. La cuantificación de los elementos se realizó por Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (por sus siglas en inglés, ICP-AES). Los elementos trazas que se cuantificaron tienen un origen antropogénico de acuerdo a la literatura, precisamente, en zonas industrializadas o que se encuentran bajo la influencia directa de estas.

SE20-34 CARTEL

MODELO DE PRONÓSTICO DE PM EN ÁREAS URBANAS

Salazar Eder L.¹, Magaldi Adolfo² y Salcedo González Dara³¹Facultad de Ciencias, UNAM²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM³UMDI-Juriquilla Facultad de Ciencias UNAM
saoinho.ct@ciencias.unam.mx

En las áreas urbanas se emiten a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes, cuyas principales fuentes son la industria y el transporte. La contaminación del aire representa una gran amenaza a la salud pública, por lo que es importante conocer los factores involucrados en el aumento de la concentración de contaminantes en las grandes ciudades. Un ejemplo de estos contaminantes nocivos es el Material Particulado (PM), el cual representa un gran riesgo para la salud, ya que las partículas que lo conforman son lo suficientemente pequeñas para atravesar los mecanismos naturales de las defensas pulmonares. En el presente trabajo, desarrollaremos un modelo Bayesiano inspirados en el trabajo de Yu et al. (2015) con el fin de pronosticar la concentración de PM en un futuro inmediato (en el rango de horas) a partir de las inferencias Bayesianas entre los forzantes meteorológicos, el flujo vehicular (tomando en cuenta el parque vehicular) y la concentración de contaminantes (a priori). Debido a que las salidas de los modelos de predicción numérica del tiempo comienzan a ser realistas a partir de las 6 horas, existe un vacío en la predicción a tiempos cortos. El modelo que se desarrollará en el presente trabajo es capaz de proporcionar información (pronósticos de concentraciones de PM) en una escala de tiempo menor a las 6 horas. Estos modelos se desarrollaron a partir de datos meteorológicos y de calidad del aire provenientes de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA).

SE20-35 CARTEL

ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y VARIABLES METEOROLÓGICAS CON DATOS DE LA RUOA-JURIQUILLA

Giordana Véles Sofía¹, Salcedo González Dara², Magaldi Adolfo³ y Álvarez Ospina Harry¹

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²UMDI-J Facultad de Ciencias, UNAM

³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
sofiagiordano@ciencias.unam.mx

Se realizó un análisis de los datos de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas de la estación de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) en Juriquilla que se encuentra en la zona metropolitana de Querétaro (ZMQ). Este estudio comprende los años 2015 y 2016. Hay muchos efectos a corto y largo plazo que los contaminantes atmosféricos pueden tener sobre la salud de la población, además de incrementar el riesgo de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares, lo cual se ha visto en otras zona metropolitanas como la del Valle de México. Debido a estas implicaciones de los contaminantes en la salud, es importante conocer las concentraciones de estos así como sus patrones diurnos y estacionales en la ZMQ. Los contaminantes analizados fueron los gases criterio (ozono, dióxido de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono) y material particulado (PM10, PM2.5), además de variables meteorológicas que pueden fomentar o inhibir las concentraciones de contaminantes (dirección del viento, velocidad del viento, temperatura del ambiente, humedad relativa, precipitación, radiación solar). Los datos de contaminantes atmosféricos fueron analizados para su limpieza con el software para análisis de datos científicos IGOR Pro y, posteriormente, se identificaron los ciclos diurnos y estacionales por medio de scripts en diferentes lenguajes de programación. Asimismo los datos meteorológicos se limpiaron y analizaron utilizando programas creados exprofeso. Finalmente se hicieron pruebas estadísticas para conocer la influencia y la relación entre las variables meteorológicas y las concentraciones de contaminantes.

SE20-36 CARTEL

EL CICLO DIURNO DEL PERFIL VERTICAL DEL VIENTO EN LAS ESTACIONES HÚMEDA Y SECA EN EL CCA-UNAM

Ochoa Carlos Abraham, Quintanar Arturo, Grutter Michel, Martínez López

Benjamín, Zavala-Romero Olmo, Ruiz-Angulo Angel y Magaldi Adolfo

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Se presentan series de tiempo del viento en sus tres componentes a partir de un LIDAR Doppler instalado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera en Ciudad Universitaria a partir de febrero 2017. Se realiza un análisis de Fourier sobre las series de tiempo de marzo a mayo de 2017 para la estación seca. La potencia en el ciclo diurno es significativa comparada con el resto de ondas con periodos de horas. Las series filtradas del ciclo diurno se analizan en la vertical y se comparan con series similares generadas por un radar perfilador de vientos en el norte de la Ciudad de México. Las componentes horizontales analizadas son consistentes con una circulación valle-montaña. La estación húmeda se analiza de manera similar, excepto que, en este periodo, las series solo corresponden a las condiciones que anteceden eventos de precipitación. Para el LIDAR, la radiación retrodispersada disminuye considerablemente durante la precipitación. En la estación húmeda, el análisis revela una cortante del viento en la vertical significativa entre 10 y 30 m/s dentro de un espesor de capa límite de aproximadamente 2000 m antes de que la convección domine la evolución subsecuente de la capa límite.

SE20-37 CARTEL

EL PERFIL VERTICAL DE VIENTOS EN LA CAPA LÍMITE PREVIO A TORMENTAS SEVERAS EN EL VERANO DE 2017 DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Ochoa Carlos Abraham, Quintanar Arturo, Martínez López

Benjamín, Grutter Michel, Zavala-Romero Olmo y Ruiz-Angulo Angel

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Se analizan eventos de precipitación severa durante el verano de 2017 en la Ciudad de México mediante datos observacionales de un LIDAR situado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera en Ciudad Universitaria. Los eventos corresponden a precipitación severa con más de 20 mm/h y con una duración de más de una hora. Previo al inicio de estos eventos se aprecia convergencia significativa del viento en niveles bajos, al mismo tiempo, con cortes del viento en la vertical muy pronunciados. Se presentan simulaciones cortas con el modelo regional WRF correspondientes a estos eventos de precipitación extrema que permiten evaluar el desempeño del modelo en la capa límite previo a la precipitación. Estas condiciones termodinámicas particulares, representan, además, una oportunidad para verificar las parametrizaciones físicas del WRF, en particular las opciones de microfísica con una resolución en la que el modelo resuelve la convección profunda.

SE20-38 CARTEL

ESTUDIO DE LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO EN ÉPOCA DE INVERSIONES

Burgos Cuevas Andrea, Pierard Manzano Claudio Marcelo, García Franco

Jorge L., Grutter Michel, Ruiz-Angulo Angel y Bezanilla Morlot Alejandro

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

andreab.app@gmail.com

La capa límite atmosférica (ABL) es la sección más baja de la tropósfera. El espesor de la ABL es variable tanto espacial como temporalmente. Los procesos responsables de este espesor ocurren en la superficie y sus tiempos característicos son del orden de minutos a horas. Sobre tierra, la ABL tiene una estructura bien definida que evoluciona con el ciclo diurno, por ser función principalmente de la actividad convectiva asociada al forzamiento radiativo. La ABL crece durante el día (formando la capa de mezcla) y, al anochecer, los procesos de convección cesan y el espesor de esta capa disminuye, dando lugar a la capa límite estable y a la capa residual del día anterior. Por encima de la ABL, se forma una inversión térmica de aire muy estable. La altura de la capa límite sobre las ciudades es de gran interés, debido a que tiene una influencia directa sobre la concentración de contaminantes. En particular, en la Ciudad de México muchos episodios de mala calidad del aire coinciden con la época de secas donde se presentan inversiones térmicas fuertes, noviembre-abril. En este trabajo, se pretende caracterizar la ABL sobre la Ciudad de México en época de inversiones. Para ello, se grafican y analizan perfiles de temperatura potencial reportados en los radiosondeos del aeropuerto. De este modo, se estima la altura de la ABL y se analiza su estructura y la de la capa inversión sobre ella. Además, se utilizan datos de ceilómetro de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) para calcular la altura de la capa límite y de la capa residual. Finalmente, se correlacionan los índices de calidad del aire con la estructura de la inversión térmica y de la ABL. De esta forma, se pretende determinar condiciones que favorecen a episodios de mala calidad del aire en la Ciudad de México. En este estudio, se busca identificar una métrica, para la capa de inversión sobre la ABL, que permita reproducir el contraste de densidades observado en la atmósfera con modelos físicos simplificados a escala. A partir de estos modelos se estudiarán a detalle los procesos que participan en los eventos de inversiones.

Sesión especial

GENERAL

Organizador:
Xyoli Pérez-Campos

SE21-1 CARTEL

LA IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS SUPERFICIALES HIDROTERMALES EN LOS DEPÓSITOS EPITERMALES EN ETAPAS DE EXPLORACIÓN MINERA: CASO LA PARRILLA, DURANGO

Salgado Delgado Jesús Daniel¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², García Maldonado Juan Ángel¹, Navarro Benavides José Guadalupe³, Saavedra Ramírez Sergio Abad³, López Colunga José Alfredo³ y Becerra Chávez José Alfredo³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Unidad Minera La Parrilla, First Majestic
geomexdelsur@gmail.com

El estudio de las estructuras superficiales hidrotermales es de gran importancia debido a que aluden a un sistema mineralizado fósil de tipo epitermal o activo de tipo geotérmico. Su análisis es de interés para la exploración minera o el caso energético en la industria geotérmica. En el ámbito minero puede llegar a considerarse una guía primordial en la exploración de estructuras mineralizadas de potencial económico por evidenciar un sistema mineralizado completo, sin ser afectado por eventos erosivos y de interés por metales preciosos y metales base. Las estructuras superficiales de sistemas hidrotermales son de gran importancia para la minería en México, ya que la mayor parte de su producción de metales preciosos y base deriva de depósitos epitermales que se distribuyen de manera relevante de norte a sur en la parte occidental del país cubriendo un área sobresaliente del territorio nacional. La existencia de estas estructuras superficiales es a menudo pasada desapercibida a causa de la falta de conocimiento acerca de su existencia o a la falta de capacidad para su identificación y a las malas prácticas durante la exploración geológica. Las estructuras hidrotermales llegan a manifestarse en superficie por la descarga de diversos tipos de fluidos termales: ácidos sulfatados ricos en vapor, neutros clorurados y bicarbonatados en variados ambientes de depósito: baja, intermedia o alta sulfuración. Las estructuras superficiales evidencian las condiciones de depósito y los procesos de interacción fluido termal-roca. Las estructuras hidrotermales superficiales son: zonas de alteración por vapor sobrecalentado, silicificación subsuperficial, depósitos lacustres silíceos varios, brechas y cráteres de erupciones hidrotermales, sinter, travertinos y pedernal hidrotermal. La asociación mineral que comprende estas estructuras principalmente incluye fases minerales de sílice (e.g. ópalo, calcedonia y cuarzo), minerales de arcilla (e.g. esmectitas y caolinita), sulfuros disseminados (e.g. pirita, cinabrio), sulfatos (e.g. alunita y barita), óxidos (todorokita y romanekita) y elementos nativos (azufre, oro, mercurio). El tipo de estructura hidrotermal superficial, la asociación mineral y texturas, y el contenido y firma geoquímica puede evidenciar el tipo de fluido, procesos de depósito, paleoprofundidad, tipología de yacimiento y el potencial económico de un prospecto minero. Los depósitos de sinter silíceos, lacustres silíceos y pedernal hidrotermal son característicos de depósitos epitermales de baja sulfuración de metales preciosos, controlados por contextos y estructuras distensivas. En Durango, en los límites entre las provincias de la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental se ubica la región mineralizada de plata y metales base de La Parrilla, donde se reconocen estructuras silíceas bandeadas y laminadas, en asociación con minerales de arcilla y sulfuros que presumen un sistema hidrotermal de baja temperatura y un ejemplo académico para el estudio de depósitos hidrotermales superficiales.

SE21-2 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DEL DEPÓSITO LA COLORADA, SOMBRERETE, ZACATECAS

Cepeda Gómez Shai Anllelyd, Rojas Beltrán Marco Antonio y Pérez Llanas José Alfredo
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
anllelydcepeda@hotmail.com

La unidad La Colorada está ubicada en la provincia geológica de la Sierra Madre Occidental, entre los estados de Zacatecas y Durango. Es una mina subterránea de plata y metales base; el yacimiento es de tipo epitermal, de sulfuración intermedia. El tipo de depósito es en vetas y mantos de reemplazamiento. La mineralización económica es de plata y en menores cantidades Au, Pb y Zn. Las principales vetas minadas son: NC2 y Amolillo, formadas por sulfuros y ganga de cuarzo-calcita; HW, formada por óxidos y sulfuros; y Veta Recompensa, la cual es un manto de reemplazamiento cuya mineralización tiene oro disseminado y sulfuros, con ganga de rodocrosita-cuarzo-calcita. Las principales alteraciones en este yacimiento, son propilitización, argilización y silicificación. El objetivo de este trabajo, es determinar la mineralogía de las vetas principales y sus alteraciones asociadas; para usarlas como índices para comprender la génesis del depósito. Para cumplir el objetivo, se cuenta con una colección de rocas de las principales vetas, tomadas in situ en la mina. Se procedió a realizar la descripción megascópica detallada en muestras de mano de cada sistema de vetas, entre los que se identificó: esfalerita, galena, pirita, argentita y calcopirita. Se han realizado mediciones por microsonda en algunas muestras, para los minerales de esfalerita (Zn 69 %, S 27.6% O 2.5%) tenantita-tetraedrita (Cu 33.5%, S 24.7%, Sb 27.7 %, Zn 7.3 %, Ag 5.2%, As 1.6 %); argentita (Ag 74.3 %, S 9.4 %, O 6.3% Cu 5.7%, Sb 4.1%, Mg 0.2 %); pirita (S 67.6 %, O 15.5 %, Fe 13.4%, As 2.7 %, Ca 0.8 %). Actualmente, hay una gran controversia en cuanto a las asociaciones minerales que corresponden con los depósitos epitermales. En este trabajo se propone realizar inclusiones fluidas, para obtener datos acerca

de la génesis del yacimiento, así como la determinación de temperatura, presión y salinidad a la cual se formaron los minerales económicos del depósito de La Colorada; además la presencia de sulfuros de plomo, zinc, cobre y argentita, no corresponden con las clasificaciones clásicas de la veta ideal en un depósito de tipo epitermal, proponiendo así en este trabajo que el depósito podría ser una transición de epitermal y mesotermal.

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizador:
Xyoli Pérez-Campos

SE22-1

THE IMPACTS OF INTENSE AND EXTREME SPACE-WEATHER EVENTS: OVERVIEW AND RESULTS FROM UK/EUROPEAN ECONOMIC STUDIES

Bisi Mario M.

RAL Space, Science & Technology Facilities Council – Rutherford
Appleton Laboratory, Harwell Campus, Oxfordshire, OX11 0QX, UK
mario.bisi@stfc.ac.uk

Space weather – analogous to terrestrial weather which describes the changing pressure, temperature, wind, and humidity conditions on Earth – is essentially a description of near-Earth changes in velocity, density, magnetic field, and of high-energy particles and other radiation in our space environment. This includes the effects of such changes upon Earth's magnetosphere, radiation belts, ionosphere, and thermosphere, and even down to the Earth's surface such as with induced ground electric currents. The term "space weather" covers all of these effects but can also be considered to have two primary strands: (i) scientific research, and (ii) applications. The former is self-explanatory, but the latter includes operational aspects such as forecasting and assessing its impact. Understanding and forecasting space weather is essential in ensuring the resilience of critical national and international infrastructures, including: power grids; trade; aviation, rail, and maritime transportation networks; many satellite applications (notably location services and precision timing from GNSS) and terrestrial communication networks; and also for enabling safe human exploration of space. As a result, severe space weather has been situated high on the UK's National Risk Register (NRR) since 2011. Space weather can have deleterious effects in the areas/infrastructures described above as well as driving the beautiful auroras typically seen in Polar Regions. In this lecture, I plan to cover several interconnected areas. (1) Provide an overview of space weather and its impacts. (2) Briefly describe the current UK position on space-weather risk and forecasting as well as where we are with the critical socio-economic studies including European studies. (3) Briefly highlight a few of the scientific areas where STFC RAL Space (often in partnership with the Met Office and many international and UK-based organisations) is working on developing deeper scientific understanding of space weather in order to potentially improve/increase the data, tools, and modelling techniques available for space-weather forecasting. Thus, I will be highlighting the importance of international collaboration (e.g. ISES, ISWI, and UNCOPUOS) with a look towards UNISPACE+50. UNISPACE+50 is the celebration of the fiftieth anniversary of the first United Nations (UN) Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space. UNISPACE+50 brings a shared goal to build a comprehensive "Space2030" agenda together with all stakeholders for the contribution of space activities to the achievement of the UN Sustainable Development Goals (SDGs). This is especially important for future space-faring and developing countries.

SE22-2

HURRICANE IMPACTS ON THE SHOREFACE AND FORMATION OF THE TRANSGRESSIVE RAVINEMENT

Goff John A.

Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin
goff@ig.utexas.edu

Large storms are thought to be principal drivers for landward migration of barrier islands under rising sea level conditions, eroding the shoreface on the seaward side and depositing through overwash on the landward side. The landward march of barrier islands is recorded geologically by the transgressive ravinement, an erosional unconformity on the shelf that marks the boundary between marine deposits above and generally either estuarine or older, pre-lowstand deposits below. The formation of the transgressive ravinement is enigmatic, however: the surface is typically covered by modern overburden on the shoreface, but must be exposed at the seafloor for storm-driven erosion to advance the ravinement landward. Shoreface erosion may be impossible to observe during a storm, but important evidence may be discerned by comparison of pre- and post-storm data. In this presentation I report on two time-series investigations of shoreface morphology and stratigraphy surrounding two hurricane landfalls: Hurricane Ike on Bolivar Peninsula, Texas in 2008, and Hurricane Sandy on Fire Island, New York in 2012. The two settings exhibited starkly different responses to the storms. On Bolivar Peninsula, the shoreface showed evidence of an erosional event that, through the course of several years, resulted in a new equilibrium shoreface profile that advanced the ravinement landward. Offshore Fire Island, we found no evidence for erosional event, but instead observed significant migration of shoreface-attached sand ridges and sorted bedforms. These bedforms appear to modulate storm-induced shoreface erosion, limiting it to the deepest part of the swales. Sand supply may be a significant factor in determining the different shoreface responses to storms, and ultimately the resilience of barrier islands to rising sea levels.

SE22-3

DEEP CONVECTION: THE ENGINE OF THE STORM

Adams David

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
david.k.adams@gmail.com

Deep atmospheric convection dominates the climate and meteorology of Mexico and the Tropics, in general. Nearly all severe weather events in Mexico, flooding, strong winds, hail, lightning and even tornadoes are the result of deep convection. In this presentation, we review some of the aspects of deep convection that make it an interesting, yet very difficult, physical phenomenon to study and to model. We also discuss results from observational campaigns of deep convection employing GPS meteorology carried out within the last few years in the monsoon region of Mexico. In particular, we focus on the North American Monsoon GPS Hydrometeorological Network 2017, a bi-national (Mexico-US) 3-month campaign to examine water vapor source regions for the monsoon, and specifically, the impact of land-surface water vapor fluxes on deep convection; a subject of considerable controversy. Finally, under anthropogenic global warming, what do theory, and available observations, suggest may occur with the intensity of deep convective precipitation in the Tropical regions of our planet?

SE22-4

OPEN CHALLENGES IN MODELLING GEOMECHANICAL PROCESSES RELATED TO FLUID WITHDRAWAL/ INJECTION FROM/INTO THE SUBSURFACE

Teatini Pietro

Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engineering – University of Padova, Italy
teatini@dmsa.unipd.it

Geomechanical processes related to subsurface fluid withdrawal and injection are usually predicted with the aid of numerical techniques. Taking advantage of large datasets provided by SAR interferometry, finite element models have become nowadays quite well established to simulate land subsidence and uplift, requiring advanced computational methods to improve the overall quality of the analysis. Still open challenges in developing reliable and efficient geomechanical models include: a) the use of three-dimensional approaches to fully reproduce stress and strain fields in complex geological structures; b) the development of special methods allowing to investigate the generation and propagation of earth fissures in subsiding basin; c) the use of stochastic approach and facies models to address the hydrogeological and mechanical heterogeneity of the depleted formations; d) the application of inverse procedures and data assimilation algorithms to infer the geomechanical properties of the subsurface from measurements of land subsidence; e) the simulation of micro-seismic events possibly induced by fluid production or injection in faulted sedimentary basins. Representative examples are presented to point out the importance of the above modelling issues.

SE22-5

EVENTOS EXTREMOS DE 2017: ¿QUÉ SE NECESITA PARA QUE NO SEAN UN DESASTRE?

Valdés González Carlos Miguel

Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
carlosv@geofisica.unam.mx

México es un país hidrometeorológica, volcánica y sísmicamente activo, esto aunado a una población de más de 127.5 millones de mexicanos y mexicanas, quienes en un 78 % habitan en zonas urbanas, de las cuales hay, por ejemplo, 46 ciudades con población mayor a los 350 mil habitantes y una diversidad cultural muy amplia mostrada, por ejemplo, por 68 Lenguas Indígenas Nacionales (LIN). Los eventos hidrometeorológicos y sísmicos registrados en el mes de septiembre: Las Tormentas Tropicales Lidia y Pilar, los huracanes Harvey, Katia y Max, más los sismos registrados los días 7 y 19, pusieron a prueba nuestras capacidades. El evento más crítico por su impacto en vidas humanas fue el del 19 de septiembre, en el que ocurrieron 369 decesos, de los cuales 10 eran extranjeros; 228 ocurrieron en la Ciudad de México, 74 en Morelos, 45 en Puebla, 15 en el Estado de México, 6 en Guerrero y 1 en Oaxaca. Con respecto a las viviendas, SEDATU reporta para los estados de Oaxaca, Chiapas, Morelos, Puebla y Edo. De México: 90,923 con daño parcial habitable, 43,096 daño parcial no habitable, 21,655 pérdida total. La CdMx tiene 10 mil inmuebles catalogados en verde, de 1,200 a 1,300 en amarillo y 500 en rojo. El número de víctimas y los daños en viviendas sugieren que es necesario reforzar la prevención ante los fenómenos sísmicos. Los eventos sísmicos de septiembre dejaron lecciones importantes en cuanto a las técnicas constructivas de las regiones rurales, así como de la vulnerabilidad presentada por viviendas construidas antes de 1985, en la CdMx. Es necesario aplicar reglamentos de construcción adecuados a nivel municipal, aunado a evaluar y actualizar las construcciones previas a 1985, al reglamento vigente de la CdMx. En la zona metropolitana de la CdMx, el sismo del 7 de septiembre, permitió escuchar la alerta sísmica con 80 segundos de antelación, mientras que el sismo del 19 inició de manera brusca, para ser seguido 11 segundos más tarde por la alerta sísmica. Nuestra capacidad de reacción, ahora, deberá acomodarse a reaccionar ante sismos con y sin alertamiento. Para ajustar la reducción del riesgo de desastres,

es necesario usar herramientas que permitan analizar los bienes expuestos, como lo es el Atlas Nacional de Riesgos (ANR); es necesario capacitar y profesionalizar a más personas en la prevención de desastres, tarea que promueve la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC), a través del curso "Técnico Básico en Gestión Integral de Riesgos (TBGIR). La difusión de la cultura de Protección Civil es fundamental para transmitir a la población el conocimiento sobre fenómenos y las recomendaciones a seguir para evitar situaciones de emergencia. Con estas herramientas, el CENAPRED pretende involucrar a la sociedad, autoridades y tomadores de decisiones en la Gestión Integral de Riesgos, para de esta manera construir un México prevenido, seguro e incluyente.

SE22-6

RAISING THE VOICE OF SCIENCE IN THE MIDST OF RISING NATIONALISM AND A POST TRUTH WORLD

McEntee Christine
American Geophysical Union, AGU
agu_execdirector@agu.org

Economic, social, and communication trends around the globe show growing nationalism, less trust in empirical data, and a decline in scientific funding across many sectors. Scientists and their supporters need to be not just aware of these changes but be willing to engage in the shifting landscape as it affects not just research funding but domestic and international public policy issues and overall support for science among citizens of the world.

ÍNDICE DE AUTORES

Abdullin Fanis	GET-25 CARTEL	71	Alaniz-Álvarez Susana Alicia*	GET-9	67
Abdullin Fanis	GEOQP-3	86	Alaniz-Álvarez Susana Alicia	GET-23 CARTEL	71
Abella-Gutiérrez Jose Luis	OCE-30 CARTEL	117	Alaniz-Álvarez Susana Alicia	GET-28 CARTEL	72
Acevedo Ramírez César	OCC-6	101	Alarcón Salazar Edgar	SIS-31 CARTEL	146
Acosta Chang José G.	SE08-21	202	Alarcón Salazar Edgar	SE08-14	200
Acosta Graciano Joel David	RN-17 CARTEL	129	Alarcón Salazar Edgar	SE08-40 CARTEL	206
Acosta Gustavo	CS-9 CARTEL	10	Alatorre Ibarquengoitia Miguel Angel*	VUL-4	149
Acosta Gustavo	SE12-7	233	Alatorre Zamora Miguel Angel*	EG-7	29
Acosta Hernández Jorge Alberto*	EG-35 CARTEL	35	Albarrán Santos Marco Albán*	GGA-8	76
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-2	2	Albor Mariela	SE08-10	199
Acosta Ochoa Guillermo	AR-9 CARTEL	3	Alcantar Elizondo Norberto*	GEOD-1	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-10 CARTEL	3	Alcántara Durán Carlos Felipe	SE06-7	174
Acosta Ochoa Guillermo	AR-11 CARTEL	3	Alcántara Durán Carlos Felipe*	SE19-5	273
Acosta Ochoa Guillermo	AR-12 CARTEL	4	Alcántara Durán Carlos Felipe	SE19-8	273
Acosta Ochoa Guillermo	AR-14 CARTEL	4	Alcántara Durán Carlos Felipe	SE19-10 CARTEL	274
Acosta Ochoa Guillermo	GEOPAL-12 CARTEL	83	Alcaraz Garay Rodrigo	SE15-3	258
Acosta Pérez Montserrat*	SED-12 CARTEL	137	Alcocer-Durand Javier	OCE-25 CARTEL	115
Acuña Jazmín*	CS-9 CARTEL	10	Alfaro Diego A.*	CCA-18	19
Adams David	SE10-16 CARTEL	223	Alfaro Martínez Jorge Antonio*	RN-28 CARTEL	132
Adams David*	SE20-4	277	Allen Christine	FE-29 CARTEL	47
Adams David	SE20-28 CARTEL	282	Allende-Arandía Ma. Eugenia*	SE20-25 CARTEL	282
Adams David*	SE22-3	288	Almaguer Carmenates Yuri	EG-3	28
Adriano Morán Cristina	AR-4	2	Almaguer Carmenates Yuri	EG-61 CARTEL	40
Adriano Morán Cristina	AR-10 CARTEL	3	Almaguer Carmenates Yuri	GP-10 CARTEL	64
Afonso de Almeida Paulo Salles	OCC-17	103	Almaguer Carmenates Yuri*	GET-1	66
Agarwal Amar	GEOPAL-11 CARTEL	83	Almaguer Carmenates Yuri	GET-19 CARTEL	70
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-15 CARTEL	78	Almaguer Joselin	EG-10	30
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-16 CARTEL	78	Almaguer Joselin*	EG-12	30
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-17 CARTEL	78	Almaguer Joselin	EG-16	31
Aguila Aguilar Yeraldin Odalys	SE11-19 CARTEL	230	Almaguer Joselin	SE11-10	228
Aguilar Alejandro	SE09-3	216	Almanza Tovar Oscar Guadalupe	GEOH-9 CARTEL	56
Aguilar Alejandro*	SE11-15	229	Almanza Tovar Oscar Guadalupe*	GEOH-17 CARTEL	58
Aguilar Diego Armando	SE15-6	259	Almanza Tovar Oscar Guadalupe*	SE14-9	252
Aguilar Diego Armando	SE15-12 CARTEL	260	Alonso Rivera Paulino	SE06-42 CARTEL	182
Aguilar Diego Armando*	SE15-13 CARTEL	260	Alonso Rivera Paulino	SE06-44 CARTEL	182
Aguilar Diego Armando	SE15-19 CARTEL	261	Alonso Rivera Paulino	SE06-48 CARTEL	183
Aguilar Duarte Yameli Guadalupe*	CCA-48 CARTEL	25	Alonso Rivera Paulino	SE06-53 CARTEL	184
Aguilar Duarte Yameli Guadalupe	SE16-3	265	Alonso Ruiz José Martí	CCA-49 CARTEL	25
Aguilar García Ramón	MSG-8	94	Alonso Ruiz José Martí	VUL-23 CARTEL	154
Aguilar Javier Fernando Rodrigo	FE-10	44	Alva Niño Efraín	CS-11 CARTEL	10
Aguilar Javier Fernando Rodrigo*	FE-25 CARTEL	46	Alva Niño Efraín	GET-2	66
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GEOH-18 CARTEL	59	Alva Niño Efraín	RN-18 CARTEL	129
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-3	62	Alva Pacheco Juan Carlos	SE09-6	217
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GGA-18 CARTEL	79	Alva Valdivia Luis Manuel	EG-6	29
Aguilar Ojeda Jose Alonso*	GEOH-22 CARTEL	59	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-3	81
Aguilar Pérez Javier	PALEO-13 CARTEL	123	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-9 CARTEL	82
Aguilar-Rodríguez Daniela*	SE17-9 CARTEL	270	Alva Valdivia Luis Manuel*	GEOPAL-11 CARTEL	83
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-8	44	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-12 CARTEL	83
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-12	44	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-14 CARTEL	83
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-13	44	Alva Valdivia Luis Manuel	SE07-6	192
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-15	45	Alva Valdivia Luis Manuel	SE07-13 CARTEL	194
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-21	46	Alvarado Arconada Georgina	CS-24 CARTEL	13
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-22	46	Alvarado Barrientos María Susana	SE10-1	220
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-24	46	Alvarado Barrientos María Susana	SE10-5	221
Aguilar Rodríguez Ernesto*	FE-30 CARTEL	47	Alvarado Barrientos María Susana*	SE10-10	222
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-33 CARTEL	48	Alvarado Guillermo E.	SIS-15	143
Aguilar Rodríguez Ernesto	SE06-15	176	Alvarado López Carlos*	SE06-36 CARTEL	180
Aguilar Tepole Nemesi*	OCE-4	111	Alvarado Olmeda Juan Artemio	EG-27	34
Aguilar Villegas Juan Martin	GEOD-2	50	Alvarado-Velázquez Olaya	SE11-3	226
Aguilar Villegas Juan Martin	GEOD-17 CARTEL	53	Alvarado-Velázquez Olaya	SE14-5	251
Aguilar Villegas Juan Martin*	SE14-4	250	Álvarez Báez Christian Adrián*	CCA-25	20
Aguilera Arreola Ma. Guadalupe	SE12-11 CARTEL	234	Álvarez-Borrego Saúl	SE13-41 CARTEL	244
Aguíñiga-García Sergio	SE13-55 CARTEL	247	Álvarez-Covelli Catalina	OCE-5	112
Aguirre Carlos*	SE10-17 CARTEL	223	Álvarez Harry	SE20-32 CARTEL	283
Aguirre Delgado Carmen	PALEO-4	121	Álvarez Larrain Alina*	AR-1	2
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-6	150	Álvarez López Gerardo	GGA-4	75
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-12 CARTEL	151	Álvarez López Gerardo*	MSG-20 CARTEL	97
Aguirre Fernando*	OCE-27 CARTEL	116	Álvarez Ospina Harry	SE20-15	280
Aguirre Fernando	OCE-32 CARTEL	117	Álvarez Ospina Harry	SE20-16	280
Aguirre Fernando	OCE-34 CARTEL	118	Álvarez Ospina Harry	SE20-17	280
Aguirre Fernando	SED-11 CARTEL	136	Álvarez Ospina Harry	SE20-35 CARTEL	284
Aguirre-Gómez Raúl	SE13-51 CARTEL	246	Álvarez Pozos Sandra Luz*	GEOH-20 CARTEL	59
Aguirre Jorge*	EG-28	34	Álvarez Román*	GET-13	68
Aguirre Jorge	EG-47 CARTEL	38	Álvarez Román	SE15-9 CARTEL	260
Aguirre Jorge	EG-48 CARTEL	38	Álvarez Romero Brenda Patricia*	GEOQP-1	86
Aguirre Jorge	EG-49 CARTEL	38	Álvarez-Yepiz Juan Carlos	MSG-25 CARTEL	98
Aguirre Jorge	EG-51 CARTEL	38	Álvarez-Yepiz Juan Carlos	SE06-64 CARTEL	187
Aguirre Jorge	EG-55 CARTEL	39	Álvarez-Yepiz Juan Carlos	SE10-15 CARTEL	223
Aguirre Jorge	SIS-22 CARTEL	144	Álvarez del Castillo Alejandra	GET-9	67
Aguirre Jorge	SIS-27 CARTEL	145	Amador Valencia Talib Gibrán	SE20-9	278
Aguirre Jorge	SIS-28 CARTEL	145	Amaya Treviño Luciano Daniel	GEOH-24 CARTEL	60
Aguirre Jorge	SE02-4	160	Anaya Fernando*	RN-16	129
Aguirre Jorge	SE02-6	161	Anaya-Guarneros Jonathan*	SE07-12 CARTEL	193
Ahumada Sempoal Miguel A.*	OCC-19	104	Anda Martín Brenda Irene	GGA-6	76
Ahumada Sempoal Miguel A.	OCE-13	113	Andrade Argueta Julio César*	SE14-25 CARTEL	255

Andrade-Canto Fernando	OCC-39 CARTEL	108	Arteaga Martínez Dante*	SE08-49 CARTEL	208
Andrade-Canto Fernando*	OCE-36 CARTEL	118	Arteaga Uribe María Clara	SE13-15	238
Andrade-Canto Fernando	SE13-8	237	Arteaga Uribe María Clara	SE13-57 CARTEL	247
Andrade Ernesto	FE-12	44	Arzate Andres*	SE14-30 CARTEL	256
Andrade Ernesto	FE-31 CARTEL	47	Arzate Flores Jorge Arturo	EG-10	30
Andrade Ernesto	FE-32 CARTEL	48	Arzate Flores Jorge Arturo	EG-11	30
Andrade Isabel	SE15-2	258	Arzate Flores Jorge Arturo	EG-13	31
Andrade Luis	CCA-49 CARTEL	25	Arzate Flores Jorge Arturo	EG-14	31
Andrade Luis	VUL-23 CARTEL	154	Arzate Flores Jorge Arturo	EG-16	31
Angeles-Islas Jorge	SE04-16	171	Arzate Flores Jorge Arturo	SE07-16 CARTEL	195
Angeles Moreno Edgar	GET-11	68	Arzate Flores Jorge Arturo	SE14-30 CARTEL	256
Angeles Moreno Edgar	GET-23 CARTEL	71	Arzate-Lem Sergio	SE17-5	269
Angeles Moreno Edgar	GET-24 CARTEL	71	Ashfaq Moetasim*	SE04-5	169
Angeles Novelo Ismael	SE06-16	176	Astorga Moar Alejandro	SE14-31 CARTEL	256
Anguiano García Andrea	SE13-4	236	Ataxca Dayanara	SE01-4	156
Añorve Christopher	FE-19	45	Athie Gabriela*	SE13-28	241
Antonio Pérez Manuel Salud*	CCA-41 CARTEL	23	Auvinet Guichard Gabriel	GEOD-4	50
Antonio-Robles Jaime	SE13-55 CARTEL	247	Avellán Denis Ramón*	SE08-3	197
Aparicio Mijares Javier	MSG-9	94	Avellán Denis Ramón	SE08-4	197
Appendini Christian M.	OCC-22	104	Avendaño-Cortés Javier*	SE08-7	198
Appendini Christian M.	OCC-27	105	Avendaño Silva Carlos Alan	EG-57 CARTEL	39
Appendini Christian M.	OCC-28	105	Avila-Carrera Rafael	EG-28	34
Appendini Christian M.*	OCC-29	106	Avila Oscar*	SE08-60 CARTEL	211
Appendini Christian M.	OCC-31	106	Avilés Esquivel Thalia Anaid*	SE08-8	198
Appendini Christian M.*	OCC-38 CARTEL	108	Avilés Esquivel Thalia Anaid*	SE08-43 CARTEL	207
Appendini Christian M.	SE13-24	241	Avilés Esquivel Thalia Anaid	SE19-2	272
Appendini Christian M.	SE13-26	241	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	OCC-34 CARTEL	107
Appendini Christian M.	SE20-25 CARTEL	282	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	OCE-36 CARTEL	118
Aragón Vera José Luis	PALEO-4	121	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE13-8	237
Arámbula-Mendoza Raúl*	VUL-2	149	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE13-21	240
Arámbula-Mendoza Raúl	VUL-21 CARTEL	154	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos*	SE13-31	242
Arana Medina Anibal Israel	GEOD-1	50	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE13-48 CARTEL	245
Arana Medina Anibal Israel	GEOD-8	51	Azpra Enrique	CCA-12	18
Arana Medina Anibal Israel	SE14-4	250	Azuz Adeath Isaac	OCC-40 CARTEL	108
Aranda Eliot	SE13-19	239	Bada Diaz Reynier*	CCA-47 CARTEL	24
Aranda Eliot	SE15-2	258	Badillo Interiano Mirna Ivonne	VUL-23 CARTEL	154
Aranda Eliot*	SE15-18 CARTEL	261	Baeza-Galván René Alejandro	SE17-2	268
Aranda Elliot	SE13-2	236	Baeza Ramírez Carlos*	SE06-35 CARTEL	180
Aranda Gómez José Jorge	GEOQP-11 CARTEL	88	Bahena Romero Jonny E.	SE08-33 CARTEL	204
Aranda Gómez José Jorge*	SED-1	134	Balbuena Salomón Martha Carolina*	EG-43 CARTEL	37
Aranda Gómez José Jorge	SED-6	135	Balderas Gloria*	SE06-66 CARTEL	187
Aranda Gómez José Jorge	VUL-16 CARTEL	152	Ballinas González Hector Alonso	RN-29 CARTEL	132
Aranda Gómez José Jorge	SE07-1	191	Baltazar Galván Luis Alberto*	CCA-34 CARTEL	22
Aranda Gómez José Jorge	SE14-30 CARTEL	256	Bandy William L.	EG-54 CARTEL	39
Arango Galván Claudia	SE08-8	198	Bandy William L.	GET-18 CARTEL	70
Arango Galván Claudia	SE08-46 CARTEL	208	Bandy William L.	SIS-9	141
Arboleda Zapata Mauricio de Jesús*	EG-11	30	Bandy William L.*	SE07-11 CARTEL	193
Arboleda Zapata Mauricio de Jesús	EG-16	31	Bandy William L.	SE15-6	259
Arce Saldaña José Luis	GEOH-7	56	Bandy William L.	SE15-11 CARTEL	260
Arcos Serrano María Esther*	RN-7	127	Bandy William L.	SE15-12 CARTEL	260
Arellano Castro Rocío Fabiola*	EG-22	33	Bandy William L.	SE15-19 CARTEL	261
Arellano Gil Javier*	GP-8	63	Barba-Lopez Maria del Refugio*	OCE-25 CARTEL	115
Arellano Gil Javier	GP-9 CARTEL	63	Barba Pingarrón Luis	AR-7	3
Arellano Gil Javier*	GET-8	67	Barba Pingarrón Luis	AR-17 CARTEL	5
Arellano Gil Javier*	SE11-7	227	Barba Pingarrón Luis	AR-19 CARTEL	5
Arellano Nasheli*	SE06-12	175	Barbara Loic	OCE-5	112
Arellano-Torres Elsa*	OCE-5	112	Barbara Loic	OCE-6	112
Arenas Federico	SE03-2	165	Barcenás Castro Maydes*	RN-25 CARTEL	131
Arenas Zambrano Gabriela*	RN-21 CARTEL	130	Barcenás Castro Maydes*	SE09-11 CARTEL	218
Argentel-Martínez Leandris	CS-25 CARTEL	13	Barón-Sevilla Benjamín	SE08-7	198
Argüello-González Sandra Janeth	SED-10 CARTEL	136	Barragán Gasca Fanny Astrid	GP-8	63
Arias Oliva Ricardo Alejandro*	EG-39 CARTEL	36	Barragán Gasca Fanny Astrid*	GP-9 CARTEL	63
Arias-Paz Alberto*	SE08-61 CARTEL	211	Barragán Gasca Fanny Astrid	GET-8	67
Arias-Paz Alberto	SE08-62 CARTEL	212	Barragán Gasca Fanny Astrid	SE11-7	227
Arias-Paz Alberto	SE11-3	226	Barragán Ricardo	PALEO-5	122
Arias-Paz Alberto	SE14-5	251	Barragán Ricardo	PALEO-8	122
Armienta M. Aurora	GEOH-10 CARTEL	57	Barragán Ricardo	PALEO-12 CARTEL	123
Armienta M. Aurora	GEOH-11 CARTEL	57	Barragán Rosa María	SE08-24	202
Armienta M. Aurora	GGA-15 CARTEL	78	Barrera Burrola Héctor Alonso*	SE06-67 CARTEL	187
Armienta M. Aurora*	GGA-16 CARTEL	78	Barrera García Uriel	SE02-13 CARTEL	162
Armienta M. Aurora	GGA-17 CARTEL	78	Barrera Huerta Alan*	AR-4	2
Arnott Patrick	SE20-16	280	Barrera Hugo	SE20-32 CARTEL	283
Arredondo José Tulio	CS-25 CARTEL	13	Barrera-Torres José G.	GEOQP-14 CARTEL	89
Arredondo José Tulio	SE10-4	220	Barreras Apodaca Aylin Cristina*	SE10-18 CARTEL	224
Arredondo José Tulio	SE10-17 CARTEL	223	Barrios Barocio Alejandra Carolina*	SE10-6	221
Arredondo Medina Eduardo	SE15-5	259	Batista Cruz Ramón Yosvanis*	SE08-24	202
Arredondo Yesenia	SE11-1	226	Batista Rodríguez José Alberto*	EG-3	28
Arregui Sergio	GEOD-13 CARTEL	52	Batista Rodríguez José Alberto	EG-60 CARTEL	40
Arregui Sergio	SE14-10	252	Batista Rodríguez José Alberto	EG-62 CARTEL	40
Arregui Sergio	SE14-19	253	Batista Rodríguez José Alberto	GET-1	66
Arregui Sergio	SE14-24	254	Batta Lona Paola G.	SE13-15	238
Arregui Sergio	SE14-28 CARTEL	255	Batta Lona Paola G.	SE13-57 CARTEL	247
Arrieta Gerardo	GEOQP-2	86	Baumgardner Darrel	SE20-9	278
Arrieta Gerardo	SE07-3	191	Bautista-Durán Ángel Valentín	SE06-31	179
Arrieta Gerardo*	SE07-7	192	Bautista Francisco*	CS-4	8

Bautista Francisco*	CS-14 CARTEL	11	Böhnel Harald	GEOPAL-6	82
Bautista Francisco*	CS-15 CARTEL	11	Böhnel Harald	GEOPAL-10 CARTEL	82
Bautista Francisco	CCA-48 CARTEL	25	Böhnel Harald	SED-7	135
Bautista Francisco	SE16-1	265	Böhnel Harald	SE07-4	191
Bautista Francisco	SE16-3	265	Bolós Xavier*	SE08-10	199
Bautista-Hernandez Ana maria*	FE-28 CARTEL	47	Borge Castro Greybin	GEOPAL-3	81
Bautista José Manuel*	CS-23 CARTEL	13	Borges Santana Oscar*	GET-6	67
Bautista Navarrete Lorena	SE11-18 CARTEL	229	Borisov Dmitry	SED-4	134
Bautista Pueyo Isaac*	GEOH-12 CARTEL	57	Borjón Hernandez Yolanda Dannalí	GET-19 CARTEL	70
Baylón Jorge	CCA-8	17	Bornstein Robert	SE04-13	170
Baylón Jorge	VUL-14 CARTEL	152	Borselli Lorenzo	VUL-13 CARTEL	152
Baylón Jorge*	SE20-6	278	Botero-Santa Paola A.	GET-28 CARTEL	72
Baylón Jorge	SE20-7	278	Botzen Wouter	CCA-28	21
Baylón Jorge	SE20-11	279	Bracamontes Ramirez Joel*	OCE-37 CARTEL	118
Baylón Jorge	SE20-28 CARTEL	282	Brassea Ochoa Jesús María*	EG-53 CARTEL	39
Baylón Jorge	SE20-29 CARTEL	282	Bravo Ayala Manuel A.	SE11-18 CARTEL	229
Baylón Jorge	SE20-31 CARTEL	283	Bravo Carbajal Ixtlitzin Yaocihuatl	SE06-50 CARTEL	184
Bazaldua Chávez Hector Roldan*	EG-46 CARTEL	37	Bravo José Luis	CCA-9	17
Bazán Carmen	OCE-27 CARTEL	116	Bravo José Luis*	CCA-12	18
Bazán Carmen	SE13-12	238	Briones-Carrillo Jorge Alberto*	GEOH-18 CARTEL	59
Bazante González Isidro	GEOH-22 CARTEL	59	Briones-Carrillo Jorge Alberto	GP-3	62
Becerra Chávez José Alfredo	SE21-1 CARTEL	286	Briones-Carrillo Jorge Alberto	MSG-23 CARTEL	97
Becerra-Torres Eduardo	SE11-6	226	Brito Herrera Gonzalo Rene*	SE06-13	175
Becket Lailson Samuel	SED-9 CARTEL	136	Brito Mayor Aitor*	AR-13 CARTEL	4
Bedoya Alejandra	GET-25 CARTEL	71	Brito Schulz Mariel	GET-8	67
Bedoya Alejandra*	GEOQP-3	86	Budar Lourdes	AR-21 CARTEL	6
Bello Fuentes Fernando*	OCC-39 CARTEL	108	Buitrón-Sánchez Blanca Estela	PALEO-5	122
Bello-Pineda Javier	SE13-9	237	Bullock Stephen	CCA-53 CARTEL	26
Bello Segura Delia Iresine	SIS-25 CARTEL	145	Bullock Stephen*	SE10-2	220
Bello Segura Delia Iresine*	SE11-9	227	Burgos Cuevas Andrea*	SE20-38 CARTEL	284
Belmonte Jimenez Salvador Isidro	GEOH-16 CARTEL	58	Bustos Erika	CS-9 CARTEL	10
Belmonte Jimenez Salvador Isidro	GEOH-21 CARTEL	59	Bustos Erika*	SE12-7	233
Beltrán Barrón Nadia Denisse*	SE13-53 CARTEL	246	Bustos Erika*	SE12-9 CARTEL	233
Beltrán-Paz Ofelia	CS-8	9	Bustos Erika	SE12-10 CARTEL	234
Beltrán-Paz Ofelia*	CS-20 CARTEL	12	Bustos Henry Yecid	MSG-4	93
Beltrán-Paz Ofelia*	CS-22 CARTEL	13	Cabadas Báez Héctor V.	GGA-10 CARTEL	77
Benito Oterino Belén	SIS-15	143	Caballero Jiménez Gema Victoria	VUL-1	149
Benowitz Jeff	SE08-3	197	Caballero Jiménez Gema Victoria	SE06-48 CARTEL	183
Beramendi Orosco Laura	AR-4	2	Caballero Lizeth	RN-3	126
Beramendi Orosco Laura*	AR-12 CARTEL	4	Caballero Lizeth	RN-5	126
Beramendi Orosco Laura	AR-15 CARTEL	4	Caballero Lizeth*	VUL-13 CARTEL	152
Bermejo Santoyo Gerardo	SE08-37 CARTEL	205	Caballero Margarita	SE03-4	165
Bermejo Santoyo Gerardo*	SE08-38 CARTEL	206	Cabos Narvaez William David	CCA-10	17
Bermúdez Alarcón Francisco Javier*	SE06-21	177	Cabos Narvaez William David	CCA-36 CARTEL	22
Bernal Morales Rogelio	SE09-6	217	Cabos Narvaez William David*	SE04-2	168
Bernal Morales Rogelio	SE20-19	280	Cabos Narvaez William David	SE04-3	168
Bernal Morales Rogelio	SE20-23 CARTEL	281	Cabos Narvaez William David	SE04-4	168
Bernal Romero Marcos	SE09-6	217	Cabral Cano Enrique	SE06-3	173
Bernal-Uruchurtu Juan Pablo	GEOQP-5	87	Cabral Cano Enrique*	SE06-58 CARTEL	185
Bernal-Uruchurtu Juan Pablo	GEOQP-7	87	Cabral Cano Enrique	SE19-6	273
Bernal-Uruchurtu Juan Pablo	SE08-5	198	Cabral Cano Enrique	SE20-4	277
Beron-Vera Francisco*	SE13-7	236	Cabrer Roberto*	AR-22 CARTEL	6
Berriel Bueno Diana*	OCC-5	101	Cabrera Carlos	SE15-2	258
Berriel Bueno Diana	OCC-6	101	Cabrera Carlos	SE15-18 CARTEL	261
Betancourt-Lozano Miguel	SE12-3	232	Cabrera Hermosillo Francisco A.*	SE06-10	175
Betancourt Mariam	EG-11	30	Cabrera Ramírez Mayumy Amparo	GEOQP-13 CARTEL	89
Betancourt Mariam*	EG-16	31	Cabrera Sillas Yesica Guadalupe	SE07-10 CARTEL	193
Betancur-Turizo Stella	OCE-33 CARTEL	117	Cabrera Vázquez Yunier*	CS-21 CARTEL	12
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-8	17	Caccavari Garza Ana	EG-59 CARTEL	40
Bezanilla Morlot Alejandro	VUL-14 CARTEL	152	Caccavari Garza Ana	FE-33 CARTEL	48
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-4	277	Caccavari Garza Ana	SE06-57 CARTEL	185
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-6	278	Caetano Ernesto	SE04-13	170
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-7	278	Cahuich López Miguel Angel*	CCA-22	20
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-10	279	Cala Pérez Yoel Alejandro*	CCA-20	19
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-11	279	Calderón-Bustamante Oscar	CCA-28	21
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-28 CARTEL	282	Calderón-Bustamante Oscar*	SE13-38	243
Bezanilla Morlot Alejandro*	SE20-29 CARTEL	282	Calderón-Bustamante Oscar	SE13-46 CARTEL	245
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-31 CARTEL	283	Calderón Cucunuba Laura Paola*	VUL-12 CARTEL	151
Bezanilla Morlot Alejandro	SE20-38 CARTEL	284	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	CCA-36 CARTEL	22
Binimelis de Raga Graciela Lucia	SE20-9	278	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia	SE04-8	169
Bisi Mario M.	FE-22	46	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia	SE04-9	169
Bisi Mario M.*	SE22-1	288	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia	SE04-10	169
Blancas Vázquez Jorge	AR-2	2	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	SE20-12	279
Blancas Vázquez Jorge*	AR-7	3	Calderón Jorge	SE06-43 CARTEL	182
Blancas Vázquez Jorge	AR-8	3	Calderón Magallón José Paúl*	MSG-16	96
Bluhm-Gutiérrez Jorge	SED-10 CARTEL	136	Calderón Salinas José Víctor	SE12-2	232
Bluhm-Gutiérrez Jorge	SE04-6	169	Calmus Thierry	GET-20 CARTEL	70
Bluhm-Gutiérrez Jorge	SE19-12 CARTEL	274	Calò Marco	SE08-19	201
Bluhm-Gutiérrez Jorge	SE19-13 CARTEL	274	Calò Marco	SE08-20	201
Bluhm-Gutiérrez Jorge	SE19-14 CARTEL	275	Calò Marco	SE08-46 CARTEL	208
Blumenstock Thomas	CCA-8	17	Calò Marco	SE08-47 CARTEL	208
Blumenstock Thomas	VUL-14 CARTEL	152	Caloca de la Parra Carlos Fernando	SE08-63 CARTEL	212
Bobadilla García Adrian Eliseo*	SE06-2	173	Calva Chávez Miriam Alin	SE13-36	243
Böhnel Harald	GEOPAL-4	81	Calva Chávez Miriam Alin*	SE13-37	243
Böhnel Harald	GEOPAL-5	81	Calva Chávez Miriam Alin	SE13-38	243

Calva Rodríguez Lilia	SE06-49 CARTEL	183	Carreón Freyre Dora	SE19-7	273
Camacho González Pablo*	CCA-2	16	Carreón Freyre Dora	SE19-8	273
Camacho-Ibar Víctor F.	OCE-2	111	Carreón Freyre Dora*	SE19-9 CARTEL	273
Camacho-Ibar Víctor F.*	SE13-17	239	Carreón Freyre Dora	SE19-10 CARTEL	274
Camacho-Olachea Gabriel*	VUL-11 CARTEL	151	Carreón Freyre Dora	SE19-11 CARTEL	274
Camacho Sanabria José Manuel	RN-15	129	Carrera Hernandez Jaime	RN-3	126
Camarena-García Miguel Alberto	CCA-6	16	Carrera Rivas Alejandra	EG-46 CARTEL	37
Camarena Vázquez Jesús Guillermo*	VUL-16 CARTEL	152	Carrillo Chavez Martin*	GEOD-2	50
Camargo Guzmán David	EG-19	32	Carrillo Concilión Fernando Arturo*	SIS-29 CARTEL	145
Cambrón Jaziel F.	SE03-7 CARTEL	166	Carrillo Gonzales Fatima Maciel	CCA-41 CARTEL	23
Campion Robin	SE20-22	281	Carrillo Laura	OCE-26 CARTEL	116
Campos Enríquez Oscar	EG-7	29	Carrillo López Jonathan*	EG-9	30
Campos Enríquez Oscar	GEOD-4	50	Carrillo López Jonathan*	SE08-6	198
Campos Enríquez Oscar	GEOH-16 CARTEL	58	Carrillo Rodríguez Oswaldo	RN-22 CARTEL	130
Campos Enríquez Oscar	GEOH-21 CARTEL	59	Carrillo Rodríguez Oswaldo	SE14-31 CARTEL	256
Campos Gaytan Jose Ruben*	GEOH-3	55	Carrillo-Vargas Armando	FE-7	43
Campos Gaytan Jose Ruben	GEOH-22 CARTEL	59	Carrillo-Vargas Armando*	FE-17	45
Campos Medina Juan Pablo*	SE02-10	162	Carrillo-Vargas Armando	FE-32 CARTEL	48
Campos Medina Juan Pablo	SE02-18 CARTEL	163	Carrillo de la Cruz Juan Luis	EG-35 CARTEL	35
Camprubí Antoni	GEOQP-14 CARTEL	89	Carrizosa Terrones Francisco Javier	GET-20 CARTEL	70
Candela Julio	OCC-24	105	Castañeda Bastida Elizabeth	VUL-1	149
Candela Julio	OCE-14	113	Castañeda Bastida Elizabeth*	SE06-48 CARTEL	183
Candela Julio*	SE13-27	241	Castañeda Bastida Elizabeth	SE06-49 CARTEL	183
Candela Julio	SE13-28	241	Castañeda Vázquez Román	SE14-8	251
Canet Miquel Carles	MSG-5	94	Castelán-Hernández Carolina	SE06-31	179
Canet Miquel Carles	SE08-68 CARTEL	213	Castelán Pescina José Gilberto	FE-25 CARTEL	46
Canet Miquel Carles	SE08-69 CARTEL	214	Castelán Pescina José Gilberto	SE06-30	179
Cano Becerra Jorge Antonio	EG-61 CARTEL	40	Castelán Pescina José Gilberto	SE06-42 CARTEL	182
Cano Compaire Jesus	OCE-24	115	Castelán Pescina José Gilberto*	SE06-44 CARTEL	182
Cano Compaire Jesus*	SE13-11	237	Castelán Pescina José Gilberto	SE06-48 CARTEL	183
Cano Compaire Jesus	SE13-14	238	Castelán Pescina José Gilberto*	SE06-53 CARTEL	184
Cano Escandón Guadalupe	VUL-23 CARTEL	154	Castellanos Alejandro*	SE10-3	220
Cano Flores Oscar	CS-24 CARTEL	13	Castellanos Alejandro	SE10-14 CARTEL	223
Cañón-Paez Mary Luz	OCE-33 CARTEL	117	Castellanos-Moguel Judith	CS-24 CARTEL	13
Cañón Tapia Edgardo	GEOPAL-2	81	Castellanos-Moguel Judith	CS-26 CARTEL	14
Cantillo Clau Zulema Osiris	SE20-9	278	Castillo-Aja Rocío	VUL-19 CARTEL	153
Canto Hernández Jesús Alberto*	CCA-29	21	Castillo-Aja Rocío*	SE03-5 CARTEL	165
Canul Cesar*	GEOD-6	56	Castillo Guerrero Cruz Enrique	EG-53 CARTEL	39
Capra Lucia	RN-3	126	Castillo Juárez José Daniel	SE01-5	156
Capra Lucia	RN-4	126	Castillo Miguel	RN-3	126
Capra Lucia	RN-5	126	Castillo Miguel*	SE15-9 CARTEL	260
Capra Lucia	RN-30 CARTEL	132	Castillo Pensado Juan Luis	CCA-49 CARTEL	25
Capra Lucia	VUL-2	149	Castillo Pensado Juan Luis	VUL-23 CARTEL	154
Carabali Giovanni	CCA-35 CARTEL	22	Castillo Reynoso Juan Carlos*	GET-16	69
Carabali Giovanni	SE20-16	280	Castillo Román José	GGA-4	75
Carbajal Pérez José Noel	CCA-19	19	Castillo Torres Luis Yael*	EG-42 CARTEL	37
Carbajal Pérez José Noel	CCA-25	20	Castrejón Peralta César*	SE01-1	156
Carbajal Pérez José Noel	CCA-26	20	Castro Artola Óscar Alberto	SIS-10	142
Carbajal Pérez José Noel	CCA-31	21	Castro Escamilla Raul Ramon*	SIS-18 CARTEL	143
Carbajal Pérez José Noel	OCC-8	101	Castro-Larragoitia Guillermo Javier	SED-10 CARTEL	136
Carbajal Pérez José Noel	OCE-17	114	Castro López Jesús Ariel*	SE11-16	229
Carbajal Pérez José Noel	SE10-4	220	Castro Mora Jesús	GET-30 CARTEL	73
Carbajal Pérez José Noel	SE10-17 CARTEL	223	Castro Morales Jorge Daniel*	SE02-14 CARTEL	162
Carballo David	AR-7	3	Castro-Soto César*	EG-20	32
Carciumaru Dana	SIS-13	142	Castro Telma	CCA-3	16
Cárdenas Garcías Efraín	AR-5	2	Castro Telma	SE20-15	280
Cárdenas González Beatriz	SE20-9	278	Castro Telma	SE20-16	280
Cárdenas Monroy Caridad	SE11-2	226	Castro Telma	SE20-32 CARTEL	283
Cárdenas-Soto Martín*	SIS-11	142	Castro Valdez Ruben	OCC-23	104
Cárdenas-Soto Martín	SE08-11	199	Castro Valdez Ruben	OCE-1	111
Cárdenas-Soto Martín	SE08-71 CARTEL	214	Castro Valdez Ruben	OCE-6	112
Cardoso Héctor	GGA-2	75	Castro Valdez Ruben*	OCE-9	112
Cardoso Héctor	GGA-13 CARTEL	77	Castro Valdez Ruben	SE13-25	241
Carlos Avila Pablo	SE06-42 CARTEL	182	Castro Valdez Ruben	SE13-54 CARTEL	247
Carlos Trasviña Daleth	SE14-11	252	Caudillo Murillo Lucía*	CCA-3	16
Carlos Trasviña Daleth*	SE14-12	252	Cavazos González Ricardo Alberto	SE14-8	251
Carlos Trasviña Daleth	SE14-28 CARTEL	255	Cavazos González Ricardo Alberto	SE14-20	253
Carlos Valerio Víctor	OCC-18	103	Cavazos Tereza*	SE04-1	168
Carlos Valerio Víctor	RN-9	127	Cázares Carreón Karla I.	EG-3	28
Carlos Valerio Víctor	SE11-8	227	Cázares Moreno Alexandra Daniela*	GEOQP-11 CARTEL	88
Carranza y Castañeda Oscar	PALEO-3	121	Cazarez Barboza Marco Anyelo	GEOPAL-8	82
Carranza y Castañeda Oscar*	PALEO-6	122	Cejudo-Ruiz Ruben	GEOPAL-7	82
Carranza y Castañeda Oscar	SED-1	134	Celedón Muñiz Héctor*	CS-16 CARTEL	11
Carranza y Castañeda Oscar	SED-6	135	Ceniceros Nora*	GGA-15 CARTEL	78
Carrasco Gerardo	EG-13	31	Ceniceros Nora	GGA-16 CARTEL	78
Carrasco Gerardo	GEOPAL-5	81	Ceniceros Nora	GGA-17 CARTEL	78
Carrasco Gerardo	SE02-15 CARTEL	163	Centeno-García Elena	SED-13 CARTEL	137
Carrasco Gerardo*	SE08-5	198	Centeno Salas Félix Antonio*	EG-17	32
Carrasco Gerardo	SE08-48 CARTEL	208	Centeno Salas Félix Antonio	RN-10	128
Carrasco Gerardo	SE08-49 CARTEL	208	Centeno Salas Félix Antonio	SE06-7	174
Carreón Freyre Dora	EG-17	32	Centeno Salas Félix Antonio*	SE19-7	273
Carreón Freyre Dora	GP-4	62	Centeno#García Elena	GEOQP-14 CARTEL	89
Carreón Freyre Dora	RN-10	128	Cepeda Gómez Shai Anllelyd*	SE21-2 CARTEL	286
Carreón Freyre Dora*	SE06-7	174	Cerca Mariano*	GP-4	62
Carreón Freyre Dora	SE19-5	273	Cerca Mariano	GET-10	68

Cerca Mariano	GGA-12 CARTEL	77	Collins Dan	SE04-11	170
Cerca Mariano	SED-14 CARTEL	137	Colosi Daniele	SE11-1	226
Cerca Mariano	SE06-7	174	Connor Charles	VUL-7	150
Cerca Mariano	SE19-8	273	Connor Laura	VUL-7	150
Cerca Mariano	SE19-9 CARTEL	273	Constable Steven	SE08-25	203
Cerezo-Mota Ruth*	CCA-15	18	Constable Steven	SE08-26	203
Cerezo-Mota Ruth	SE04-1	168	Constable Steven	SE08-43 CARTEL	207
Cerezo-Mota Ruth	SE04-7	169	Constantino Rodríguez Luciano Daniel*	EG-18	32
Cerezo-Mota Ruth	SE20-25 CARTEL	282	Contla Sandoval Edith	SE11-8	227
Cerón González Axel	AR-18 CARTEL	5	Contreras Cruz Diana	GEOQP-2	86
Cervantes Gonzalez Indra Daniela	GEOH-8	56	Contreras Cruz Diana	GEOQP-10 CARTEL	88
Cervantes Gonzalez Indra Daniela	GEOQP-17 CARTEL	90	Contreras-Delgado Melissa*	SE19-13 CARTEL	274
Cervantes Solano Miguel Angel*	GEOPAL-7	82	Contreras-Esquivel Sara Deyanira	SE17-9 CARTEL	270
Cervantes Solano Miguel Angel	SE11-1	226	Contreras-Figueroa Gabriela*	PALEO-4	121
Ceseña Alfredo	SE15-4	258	Contreras Joel	VUL-15 CARTEL	152
Ceseña Alfredo	SE15-10 CARTEL	260	Contreras Juan*	GET-3	66
Ceseña Alfredo	SE15-22 CARTEL	262	Contreras Juan	GET-5	66
Ceseña Alfredo	SE15-23 CARTEL	263	Contreras Juan	GET-15	69
Chang Martínez Tania Oyuki	FE-13	44	Contreras Juan	GET-17 CARTEL	70
Chang Martínez Tania Oyuki*	FE-22	46	Contreras Juan	SE08-42 CARTEL	207
Chang Martínez Tania Oyuki	FE-24	46	Contreras López Manuel*	SE07-2	191
Chang Martínez Tania Oyuki	FE-27 CARTEL	47	Contreras López Manuel	SE07-4	191
Chang Martínez Tania Oyuki	FE-30 CARTEL	47	Contreras López Manuel	SE19-2	272
Chapa Arce Christian Fabián	RN-20 CARTEL	130	Contreras Pacheco Yéssica Vanessa*	OCE-3	111
Chapa Arce Rosbell Ivan*	RN-18 CARTEL	129	Contreras Pacheco Yéssica Vanessa	SE13-44 CARTEL	244
Chapa Arce Rosbell Ivan	RN-20 CARTEL	130	Contreras-Rodríguez Araceli	SE12-11 CARTEL	234
Chapa Guerrero José Rosbel	GET-2	66	Contreras Ruiz-Esparza Adolfo	SE13-58 CARTEL	248
Chapa Guerrero José Rosbel	GET-4	66	Contreras Tereza Víctor Kevin*	MSG-7	94
Chapa Guerrero José Rosbel	RN-18 CARTEL	129	Corbo-Camargo Fernando*	EG-13	31
Chapa Guerrero José Rosbel*	RN-20 CARTEL	130	Corbo-Camargo Fernando	EG-15	31
Chapa Guerrero José Rosbel	RN-23 CARTEL	131	Corbo-Camargo Fernando	EG-20	32
Chapron Bertrand	SE13-35	243	Corbo-Camargo Fernando	SE08-60 CARTEL	211
Chávez Alatorre Alejandro	EG-18	32	Corbo-Camargo Fernando	SE14-30 CARTEL	256
Chávez Alvarado Rosalia	RN-15	129	Cordero Devesa Diana Arlette	SE06-33 CARTEL	180
Chávez Bruno	CS-21 CARTEL	12	Cordero-Rodríguez Paola Alessandra	SE07-10 CARTEL	193
Chávez Cabello Gabriel	GET-2	66	Cordero-Rodríguez Paola Alessandra*	SE07-14 CARTEL	194
Chávez Cabello Gabriel*	GET-4	66	Cordero Tercero María Guadalupe	FE-29 CARTEL	47
Chávez Cabello Gabriel	RN-23 CARTEL	131	Córdoba Barba Diego	SIS-9	141
Chávez Cabello Gabriel	SED-13 CARTEL	137	Córdoba Barba Diego	SIS-30 CARTEL	145
Chávez-García Francisco	EG-28	34	Córdoba Barba Diego	SIS-31 CARTEL	146
Chávez Méndez Marcela Ivonne*	SE08-14	200	Córdoba Montiel Francisco*	SIS-10	142
Chávez-Ortiz Pamela	CS-8	9	Córdoba Ramírez Fernando*	SE08-26	203
Chávez-Ortiz Pamela*	CS-17 CARTEL	11	Corona Néstor*	SE03-6 CARTEL	166
Chávez Perez Sergio	EG-26	34	Corona Pedro	SE07-3	191
Chávez Segura René	AR-22 CARTEL	6	Corona Raul Daniel	SIS-5	140
Chávez Segura René	RN-11	128	Corona Raul Daniel*	SE02-5	160
Chávez Solís Efraín	SE16-6	266	Corona-Romero Pedro	FE-9	44
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-19 CARTEL	12	Corona-Romero Pedro	FE-13	44
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-22 CARTEL	13	Corona-Romero Pedro	FE-15	45
Chico Carlos	SIS-1	140	Corona-Romero Pedro	FE-28 CARTEL	47
Choreño-Parra Eduardo	CS-22 CARTEL	13	Corona-Romero Pedro*	FE-33 CARTEL	48
Choumiline Evguene	OCE-27 CARTEL	116	Corona-Romero Pedro	SE06-15	176
Cifuentes Nava Gerardo	AR-22 CARTEL	6	Corona Villegas Jan Gilbert*	OCE-26 CARTEL	116
Cifuentes Nava Gerardo	EG-59 CARTEL	40	Coronado-González Margil*	SED-13 CARTEL	137
Cifuentes Nava Gerardo	FE-33 CARTEL	48	Correa Gómez José Guadalupe	RN-2	126
Cifuentes Nava Gerardo	RN-11	128	Cortés Arroyo Olaf Josafat*	SE08-35 CARTEL	205
Cifuentes Nava Gerardo	SE06-3	173	Cortés Hernández Santiago	SE11-19 CARTEL	230
Cifuentes Nava Gerardo	SE06-57 CARTEL	185	Cortés López Lizeth	RN-21 CARTEL	130
Cifuentes Nava Gerardo	SE08-10	199	Cortés Martínez Mara Yadira	CS-3	8
Cifuentes Nava Gerardo	SE08-11	199	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-3	134
Cifuentes Nava Gerardo	SE08-71 CARTEL	214	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-16 CARTEL	138
Cisneros-Cano Jesús Ismael	SE17-3	268	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-17 CARTEL	138
Cisneros-Cano Jesús Ismael	SE17-5	269	Cortés Martínez Mara Yadira	VUL-11 CARTEL	151
Cisneros-Cano Jesús Ismael*	SE17-8	269	Cortés Martínez Mara Yadira	VUL-16 CARTEL	152
Cisneros Guillermo*	VUL-22 CARTEL	154	Cortés Martínez Mara Yadira	SE06-41 CARTEL	181
Cisneros Guillermo	SE08-3	197	Cortés Martínez Mara Yadira	SE07-1	191
Clague David	GET-15	69	Cortés Martínez Mara Yadira*	SE11-11	228
Claustre Herve	SE13-50 CARTEL	246	Cortés-Mendoza Yeimi Catalina*	PALEO-12 CARTEL	123
Climent Álvaro	SIS-15	143	Cortés Navarro Laura Esther	CCA-32	22
Coba Pérez Paz del Carmen	SE14-25 CARTEL	255	Cortina Urrutia Lucila Margarita*	SE11-5	226
Coba Pérez Paz del Carmen	SE14-26 CARTEL	255	Cossío Dülmer Carolina	PALEO-13 CARTEL	123
Coba Pérez Paz del Carmen	SE14-27 CARTEL	255	Cossío Dülmer Isabel	PALEO-13 CARTEL	123
Coconi Morales Enrique	SE01-1	156	Covarrubias Calderón Carlos Armando*	GEOD-12 CARTEL	52
Coconi Morales Enrique	SE01-3	156	Covarrubias Calderón Carlos Armando*	MSG-2	93
Coconi Morales Enrique	SE01-5	156	Covarrubias-Miramontes Luís A.	SE17-10 CARTEL	270
Coconi Morales Enrique	SE01-11 CARTEL	158	Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-3	140
Cohen Mark	CCA-22	20	Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-4	140
Colás Vanessa*	GEOQP-14 CARTEL	89	Cruz Cárdenas Gustavo	GEOH-15 CARTEL	58
Colchado Casas Juan Carlos*	EG-8	29	Cruz Cárdenas Gustavo	SE14-22	254
Colchado Casas Juan Carlos	EG-24	33	Cruz Cervantes José Luis	SE11-9	227
Colchado Casas Juan Carlos	EG-25	33	Cruz García Alejandro	SE14-21	254
Colchado Casas Juan Carlos	SE08-67 CARTEL	213	Cruz González Daniel*	GEOH-19 CARTEL	59
Colín Farias Paulina Maricela*	FE-4	43	Cruz Guadalupe Vianey*	GGA-20 CARTEL	79
Colin Olivares Orlando	SE16-2	265	Cruz Hernandez Favio*	SE08-31	204
Collins Curtis Allan	OCE-9	112	Cruz Jiménez Marcos Benjamín*	SED-9 CARTEL	136

Cruz Jorge Ezra	AR-10 CARTEL	3	Delgadillo Sánchez María*	AR-16 CARTEL	4
Cruz Londoño Sarai*	SE06-71 CARTEL	188	Delgado-Argote Luis A.	SE07-2	191
Cruz-Núñez Xochitl*	CCA-7	17	Delgado-Argote Luis A.	SE07-4	191
Cruz Pliego Miguel Ángel*	SE06-20	177	Delgado-Argote Luis A.*	SE19-2	272
Cruz Pliego Miguel Ángel	SE06-69 CARTEL	188	Delgado-Balbuena Josue*	SE10-4	220
Cruz Pliego Miguel Ángel*	SE14-3	250	Delgado-Balbuena Josue	SE10-17 CARTEL	223
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-15 CARTEL	78	Delgado Contreras Juan Antonio*	SE13-20	240
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-16 CARTEL	78	Delgado-Granados Hugo	VUL-10 CARTEL	151
Cruz Ronquillo Olivia*	GGA-17 CARTEL	78	Delgado Vázquez Marco Antonio	GEOH-20 CARTEL	59
Cruz Vázquez Omar	VUL-4	149	Deltoro Rodríguez Wilfredo	EG-44 CARTEL	37
Cruz Víctor	SIS-24 CARTEL	144	Dena Ornelas Oscar Sotero	EG-52 CARTEL	38
Cruz Zuñiga Nayely	GET-30 CARTEL	73	Deng Youjun	GGA-16 CARTEL	78
Cuen Romero Francisco J.	PALEO-14 CARTEL	123	Despaigne Longchamps Griselda*	SIS-35 CARTEL	146
Cuevas-Cardona Consuelo	FE-26 CARTEL	47	Desplán Salinas Gemma*	OCC-24	105
Cuevas Eduardo	SE13-9	237	Díaz-Aguilar Consuelo*	SE13-41 CARTEL	244
Cuevas Eduardo	SE13-16	239	Díaz Alcántara Delma	SIS-11	142
Cusí Simó	OCE-16	114	Díaz Aldo	SE13-21	240
Cusí Simó	SE13-2	236	Díaz Bahena Angélica*	SE08-68 CARTEL	213
Cusí Simó	SE13-19	239	Díaz Carreño Erik Hugo*	SE08-69 CARTEL	214
Cusí Simó*	SE15-2	258	Díaz Flores Laura Elena*	EG-33 CARTEL	35
Cusí Simó	SE15-18 CARTEL	261	Díaz-Gamboa Raúl	SE13-55 CARTEL	247
Cyphers Ann	GEOPAL-6	82	Díaz García Ovel	SE13-4	236
Daessle Luis Walter	GEOH-4	55	Díaz García Ovel*	SE13-58 CARTEL	248
Damien Pierre	SE13-5	236	Díaz Jaime	CS-5	9
Damien Pierre*	SE13-22	240	Díaz Jaime	CS-21 CARTEL	12
Damien Pierre	SE13-50 CARTEL	246	Díaz Juárez Emmanuel Jovani	GEOQP-13 CARTEL	89
Dan Natalia*	SE02-7	161	Díaz Márquez Aldo Antonio*	SE13-48 CARTEL	245
Daniel-Esparza Marco Antonio	SE17-3	268	Díaz Martínez Roberto	EG-3	28
Dañobeitia Juanjo	SIS-9	141	Díaz Méndez Guillermo*	SE13-49 CARTEL	245
Daudén Bengoa Gonzalo*	OCE-24	115	Díaz Méndez Guillermo*	SE15-20 CARTEL	262
Daudén Bengoa Gonzalo	SE13-14	238	Díaz Méndez Guillermo	SE15-21 CARTEL	262
Dávalos Pérez Vélez Ana María	SE08-15	200	Díaz Mojica John	EG-44 CARTEL	37
Davies Sarah	SE02-17 CARTEL	163	Díaz-Ortega Jaime*	CS-19 CARTEL	12
Dávila Harris Pablo*	VUL-6	150	Díaz-Ortega Jaime	CS-20 CARTEL	12
Dávila Harris Pablo	SE01-8	157	Díaz-Ortega Jaime	GGA-10 CARTEL	77
Dávila Harris Pablo	SE08-5	198	Díaz-Ortega Ulises	GEOPAL-7	82
Dávila Lamas Eduardo Ernesto	SE06-51 CARTEL	184	Díaz Ortiz Miguel Ángel	GET-30 CARTEL	73
Dávila Ortiz Rodrigo*	SE16-8 CARTEL	266	Díaz Rodríguez Gerardo*	EG-1	28
Dávila Pulido Gloria Ivone	EG-3	28	Díaz-Torres José de Jesús*	CCA-6	16
Dávila Pulido Gloria Ivone	GEOQP-9 CARTEL	88	Díaz-Torres José de Jesús*	GGA-1	75
De Basabe Jonás D.	MSG-14	95	Díaz-Viera Martín	MSG-11	95
De Basabe Jonás D.	OCE-7	112	Díaz Viera Martín A.	MSG-22 CARTEL	97
De Lara Bashulto Josue	GEOH-17 CARTEL	58	Diego Ayala Ulises	CCA-4	16
De León Gloria Reyna Concepción	EG-36 CARTEL	36	Dionicio Sánchez Juan Antonio*	SIS-28 CARTEL	145
De León González Fernando*	CS-2	8	Domínguez Acosta Miguel	AR-6	3
De Lira-Gómez Patricia	SE19-12 CARTEL	274	Domínguez Alejandro	OCE-24	115
De Lira-Gómez Patricia	SE19-13 CARTEL	274	Domínguez Alejandro	SE13-11	237
De Lira-Gómez Patricia	SE19-14 CARTEL	275	Domínguez Alejandro	SE13-25	241
De Nardin Clezio M.	FE-14	45	Domínguez-Castillo Abel	SE17-9 CARTEL	270
De Silva-Dávila Roxana	SE13-59 CARTEL	248	Domínguez Gilberto	FE-10	44
De la Cruz Ana Karen*	SE20-32 CARTEL	283	Domínguez Guadarrama Alejandro	OCC-20	104
De la Cruz Orozco Martin	SE13-12	238	Domínguez Guadarrama Alejandro*	OCC-19	114
De la Cruz-Reyna Servando*	SE06-26	178	Domínguez Luis	SE11-1	226
De la Cruz Roblero Cristian Yoana	SED-3	134	Domínguez-Morales Leobardo*	SE06-8	174
De la Luz Víctor	FE-9	44	Domínguez-Morales Leobardo	SE06-34 CARTEL	180
De la Luz Víctor*	FE-10	44	Domínguez-Morales Leobardo	SE06-69 CARTEL	188
De la Luz Víctor	FE-12	44	Domínguez-Morales Leobardo*	SE06-70 CARTEL	188
De la Luz Víctor	FE-13	44	Domínguez Mota Francisco Javier	RN-4	126
De la Luz Víctor	FE-14	45	Domínguez Ramírez Luis Antonio*	SE11-19 CARTEL	230
De la Luz Víctor	FE-15	45	Domínguez Rivas Jaime	SE11-9	227
De la Luz Víctor	FE-19	45	Douillet Pascal	SE13-58 CARTEL	248
De la Luz Víctor	FE-20	46	Duarte Galvan Carlos	GEOH-15 CARTEL	53
De la Luz Víctor	FE-24	46	Durand Maya Rafael*	SE06-40 CARTEL	181
De la Luz Víctor	FE-25 CARTEL	46	Durand Maya Rafael	SE14-7	251
De la Luz Víctor	FE-32 CARTEL	48	Durazo Reginaldo	OCC-7	101
De la Luz Víctor	FE-33 CARTEL	48	Durazo Reginaldo*	OCE-1	111
De la Luz Víctor	SE06-15	176	Durazo Reginaldo	OCE-2	111
De la Luz Víctor*	SE06-30	179	Durazo Reginaldo	OCE-23	115
De la Rosa Arévalo César Gustavo*	EG-38 CARTEL	36	Durazo Reginaldo	SE15-3	258
De la Rosa Arévalo César Gustavo	EG-43 CARTEL	37	Duteil Olaf*	SE13-5	236
De la Rosa Camacho Sabas Arturo*	SE06-14	175	Duteil Olaf	SE13-22	240
De la Rosa Canales José Guadalupe	SE11-12	228	Echeagaray Collantes Gabriel	EG-53 CARTEL	39
De la Rosa Canales José Guadalupe	SE11-20 CARTEL	230	Echeverri García Laura del Pilar	OCE-24	115
De los Santos Jorge	MSG-19 CARTEL	96	Echeverri García Laura del Pilar	SE13-11	237
De los Santos-Villalobos Sergio	CS-6	9	Echeverri García Laura del Pilar*	SE13-14	238
De los Santos-Villalobos Sergio	CS-25 CARTEL	13	Echeverri García Laura del Pilar	SE13-59 CARTEL	248
Del Bello Elisabetta	VUL-4	149	Egremy Aideé*	SE13-42 CARTEL	244
Del Pilar Martínez Alexis*	GET-11	68	Elizalde Galindo José Trinidad	AR-6	3
Del Real-Olvera Jorge	GGA-1	75	Elizondo Villanueva Arturo	EG-61 CARTEL	40
Del Rio Rafael	SE20-4	277	Elorriaga-Verplancken Fernando	SE13-55 CARTEL	247
Del Toro Francisco*	CCA-53 CARTEL	26	Encarnación Valle Antonio Ismael*	SE08-39 CARTEL	206
Delgadillo-Hinojosa Francisco	OCC-23	104	Encinas Arballo Alondra	GEOH-13 CARTEL	57
Delgadillo-Hinojosa Francisco	OCE-1	111	Enric Pallàs-Sanz	SE15-2	258
Delgadillo-Hinojosa Francisco*	OCE-2	111	Enríquez Cecilia	OCC-4	100
Delgadillo Rodríguez Saúl	SE15-8	259	Enríquez Cecilia	OCC-6	101

Enríquez Cecilia	SE13-23	240	Ferrari Luca	SE07-12 CARTEL	193
Enríquez Cecilia	SE13-26	241	Ferrari Luca*	SE08-9	199
Enríquez Ortiz Cecilia*	OCC-3	100	Ferrari Luca	SE08-60 CARTEL	211
Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-5	101	Ferrari Luca	SE08-61 CARTEL	211
Enríquez Ortiz Cecilia*	SE13-24	241	Ferrari Luca	SE08-62 CARTEL	212
Enríquez Ortiz Cecilia	SE16-6	266	Ferreira Bartrina Vicente*	OCE-14	113
Errasti Marcela	SE08-39 CARTEL	206	Ferreira Bartrina Vicente	SE13-43 CARTEL	244
Errasti Marcela	SE08-57 CARTEL	210	Ferreira Bartrina Vicente	SE13-44 CARTEL	244
Errasti Orozco Marcela Margarita*	SE08-22	202	Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE14-8	251
Errasti Orozco Marcela Margarita	SE08-56 CARTEL	210	Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE14-20	253
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SED-10 CARTEL	136	Fierro Macías Carlos Daniel*	SE08-71 CARTEL	214
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SIS-9	141	Figueroa Espinoza Bernardo	SE10-8	221
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SE04-6	169	Figueroa Espinoza Bernardo	SE20-25 CARTEL	282
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SE08-51 CARTEL	209	Figueroa Gudelia	SE10-3	220
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SE19-12 CARTEL	274	Figueroa Leonardo	OCC-42 CARTEL	108
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SE19-13 CARTEL	274	Figueroa Leonardo	SE15-1	258
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	SE19-14 CARTEL	275	Figueroa Miranda Sócrates	SE11-10	228
Escamilla López Francisco J.	GEOD-4	50	Figueroa-Montaña Arturo	CCA-33 CARTEL	22
Escobar Demetrio	VUL-6	150	Figueroa Soto Ángel	SE02-3	160
Escobedo Zenil David	SE08-11	199	Figueroa Soto Ángel	SE08-47 CARTEL	208
Escobedo Zenil David	SE08-71 CARTEL	214	Figueroa Soto Ángel	SE08-53 CARTEL	209
Escolero Fuentes Oscar	GEOH-7	56	Filatov Denis	SE09-2	216
Escoto Martin	SE10-17 CARTEL	223	Filatov Denis*	SE09-8	217
Escudero Ayala Christian René	SE02-7	161	Filonov Anatoliy	CCA-13	18
Eslava Morales Héctor	SE06-33 CARTEL	180	Filonov Anatoliy*	OCE-12	113
Eslava Morales Héctor	SE06-34 CARTEL	180	Filonov Anatoliy	OCE-25 CARTEL	115
Esparza Hernández Francisco Javier	MSG-13	95	Filonov Anatoliy	OCE-26 CARTEL	116
Esparza López Juan Rodrigo*	AR-5	2	Fitz Díaz Elisa	GET-4	66
Esparza López Juan Rodrigo	AR-13 CARTEL	4	Fitz Díaz Elisa	GET-26 CARTEL	72
Espejel García Daphne	GEOH-8	56	Fletcher John M.	SE03-7 CARTEL	166
Espejel García Daphne	GEOQP-17 CARTEL	90	Florean-Cruz Claudia Lizeth*	CCA-35 CARTEL	22
Espejel García Vanessa Verónica	GEOH-8	56	Flores Cano José Valente	GEOH-18 CARTEL	59
Espejel García Vanessa Verónica	GEOQP-17 CARTEL	90	Flores Cano José Valente	GP-3	62
Espejel García Vanessa Verónica	SE17-4	268	Flores Cano José Valente	GP-6	62
Espinasa-Pereña Ramón	VUL-1	149	Flores Cano José Valente*	GGA-18 CARTEL	79
Espinasa-Pereña Ramón*	VUL-8	150	Flores Garrido Marisol	SE11-19 CARTEL	230
Espinasa-Pereña Ramón	SE06-16	176	Flores Luna Carlos Francisco	MSG-15	96
Espinasa-Pereña Ramón	SE06-48 CARTEL	183	Flores Luna Carlos Francisco	MSG-24 CARTEL	97
Espinasa-Pereña Ramón	SE06-49 CARTEL	183	Flores Luna Carlos Francisco	SE08-8	198
Espinasa-Pereña Ramón	SE06-50 CARTEL	184	Flores Luna Carlos Francisco	SE08-26	203
Espinasa-Pereña Ramón	SE06-51 CARTEL	184	Flores Luna Carlos Francisco	SE08-43 CARTEL	207
Espíndola Jorge	SE04-12	170	Flores Morales Ana Laura*	OCE-6	112
Espíndola Juan Manuel	SE02-13 CARTEL	162	Flores Morales Ana Laura	SE13-30	242
Espíndola Víctor Hugo	SIS-7	141	Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-10 CARTEL	57
Espíndola Víctor Hugo	SIS-8	141	Flores Ramírez Lenin Moisés*	OCE-20	114
Espinosa Balas Mariana Elizabeth	SE14-23	254	Flores Ramírez Miguel Ángel*	SE06-25	178
Espinosa Henández Luis Angel Salvador*	SE06-74 CARTEL	189	Flores Román Delibes	SE20-24 CARTEL	281
Espinosa Severino Omar	SE19-8	273	Flores Soto Xochitl	SE08-39 CARTEL	206
Espinosa Valle Mario Francisco	SE19-8	273	Flores Soto Xochitl	SE08-57 CARTEL	210
Espinoza Encinas Iván Rosario	CCA-30	21	Flores Trujillo Juan Gabriel	CCA-29	21
Espinoza Jimenez Adan	FE-31 CARTEL	47	Flores Trujillo Juan Gabriel	GGA-19 CARTEL	79
Espitia Nery Martin Eduardo	MSG-4	93	Flores Trujillo Juan Gabriel	SE15-5	259
Esquivel Trava Bernardo	OCC-26	105	Flores-Vidal Xavier	OCC-23	104
Esquivel Trava Bernardo	SE13-49 CARTEL	245	Flores-Vidal Xavier	OCC-34 CARTEL	107
Esteban Jimenez Luis Angel	SE14-13	252	Flores-Vidal Xavier	OCE-23	115
Estevez Héctor	CCA-35 CARTEL	22	Flores-Vidal Xavier	SE13-25	241
Estrada Allis Sheila Natali*	SE13-21	240	Flores-Vidal Xavier	SE13-54 CARTEL	247
Estrada Allis Sheila Natali	SE13-48 CARTEL	245	Flores-Vidal Xavier*	SE15-5	259
Estrada Cabrera Cynthia Paola	SE06-16	176	Flores Walter*	AR-20 CARTEL	5
Estrada Cabrera Cynthia Paola*	SE06-65 CARTEL	187	Fong-Lopez Liza F.	CS-6	9
Estrada Fernando	SE20-5	277	Fonseca Garcia Graciela Ivette	SE06-4	173
Estrada Murillo Aurora	SE08-13	200	Fonseca-Hernández Mariam	CCA-33 CARTEL	22
Estrada Murillo Aurora	SE08-34 CARTEL	205	Fonseca Martínez Arlin Brighith	SE07-10 CARTEL	193
Estrada Porrua Francisco	CCA-27	20	Fragoso Anaid*	SE07-16 CARTEL	195
Estrada Porrua Francisco*	CCA-28	21	Fragoso Servón Patricia*	SE16-1	265
Evangelista Gutiérrez Yair	SE01-1	156	Franco Pedro*	EG-15	31
Fallows Richard	FE-22	46	Franco Rubio Miguel	SE17-2	268
Farfán Francisco	GEOD-10 CARTEL	52	Frausto-Martínez Oscar*	RN-15	129
Farfán Francisco	SIS-20 CARTEL	144	Frausto-Martínez Oscar*	SE16-2	265
Farfán Francisco	SIS-21 CARTEL	144	Frausto-Martínez Oscar	SE16-3	265
Farias Gonzalez Miguel Angel	GP-10 CARTEL	64	Frausto-Martínez Oscar	SE16-5	266
Farias Núñez Octavio Arturo*	GGA-7	76	Fregoso Becerra Emilia	EG-7	29
Farquharson Gordon	SE15-20 CARTEL	262	Frez José*	SIS-2	140
Fedun Viktor	FE-5	43	Frez José	SIS-35 CARTEL	146
Félix-Bermúdez Armando	OCE-2	111	Frías Cisneros Mildred L.	SE20-21	281
Ferhat Gilbert	GEOD-5	51	Frías Guzmán Diego Humberto	GEOH-5	56
Fernández Álvarez del Castillo Aranza	FE-24	46	Frías Guzmán Diego Humberto*	SE19-3	272
Fernández-Eguarte Agustín*	SE06-31	179	Friedrich Martina	SE20-10	279
Fernández Maya Francisco Omail*	SE08-48 CARTEL	208	Fuentes Andrade María del Socorro	CS-27 CARTEL	14
Fernández Peña Juan Salvador	SE11-19 CARTEL	230	Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-21	33
Fernández Vargas Tania	RN-6	127	Fuentes Arreazola Mario Alberto	SE08-36 CARTEL	205
Ferrari Luca	GET-12	68	Fuentes Franco Ramón	SE04-1	168
Ferrari Luca	GET-16	69	Fuentes-Márquez Abril*	EG-21	33
Ferrari Luca	GET-22 CARTEL	71	Funes Rodríguez Rene	OCE-34 CARTEL	118
Ferrari Luca	GEOQP-19 CARTEL	90	G. Mayor Yandy	CCA-33 CARTEL	22

Gaitan Ramirez Maria Felix*	SE08-17	201	García Nava Héctor	OCE-36 CARTEL	118
Galaviz Alonso Sergio Alberto*	SIS-26 CARTEL	145	García-Oliva Felipe	CS-7	9
Galetzka John	GEOD-4	50	García-Oliva Felipe*	CS-8	9
Galicia Pérez Marco Antonio	SE11-14	229	García-Oliva Felipe	CS-12 CARTEL	10
Galindo Charles	VUL-15 CARTEL	152	García-Oliva Felipe	CS-17 CARTEL	11
Galindo-Miranda Juan Manuel	GGA-1	75	García-Oliva Felipe	CS-18 CARTEL	12
Galindo Sánchez Clara Elizabeth*	SE13-15	238	García Palacios Miguel Ángel	GET-18 CARTEL	70
Galindo Sánchez Clara Elizabeth	SE13-57 CARTEL	247	García Palacios Miguel Ángel	SE15-11 CARTEL	260
Gallardo Delgado Luis Alonso	EG-9	30	García Palacios Miguel Ángel	SE15-19 CARTEL	261
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-15	96	García-Pasillas Lucero Lizbeth*	SE19-14 CARTEL	275
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-16	96	García Peña Ángel	EG-23	33
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-24 CARTEL	97	García-Peregrina Brenda	SE11-3	226
Gallardo Delgado Luis Alonso	SE08-23	202	García-Peregrina Brenda	SE14-5	251
Gallardo Delgado Luis Alonso	SE08-31	204	García Pérez Sergio Jose	SE08-67 CARTEL	213
Gallego Puyol David	CCA-38 CARTEL	23	García Ramírez Rocío Guadalupe*	SIS-9	141
Gallegos Angeles	CS-14 CARTEL	11	García Rocío	CCA-37 CARTEL	23
Gallegos Martínez Margarita E.	SE13-52 CARTEL	246	García Rocío*	SE12-5	232
Galván Víctor Hugo	SE17-1	268	García Rocío	SE20-27 CARTEL	282
Galván Víctor Hugo	SE17-6	269	García Rodríguez Liz Kasandra*	GET-29 CARTEL	73
Galván Víctor Hugo	SE17-7	269	García Ruiz Selene*	CCA-19	19
Gálvez Oscar	GEOD-10 CARTEL	52	García-Sánchez Laura	SED-5	135
Gálvez Oscar	SIS-21 CARTEL	144	García-Sánchez Laura	SE08-3	197
Gámez Víctor	SE08-10	199	García Serrano Alejandro	AR-22 CARTEL	6
Gaona Mota Marcos*	EG-5	28	García Serrano Alejandro	RN-11	128
Garatuza Payán Jaime	CS-6	9	García Serrano Alejandro	SE08-11	199
Garatuza Payán Jaime	CS-25 CARTEL	13	García Serrano Alejandro	SE08-71 CARTEL	214
Garatuza Payán Jaime	SE10-11	222	García Suárez Daniela	SED-12 CARTEL	137
Garatuza Payán Jaime	SE10-15 CARTEL	223	García Tenorio Felipe	SED-5	135
Garatuza Payán Jaime	SE11-16	229	García Tenorio Felipe*	VUL-18 CARTEL	153
Garcés Gómez Jaime Alberto*	SE11-10	228	García Tenorio Felipe	SE08-3	197
García Abdeslem Juan*	EG-2	28	García-Tovar Gloria P.	GEOQP-2	86
García Aguilar Sara	MSG-20 CARTEL	97	García Vargas Carlos Guillermo	OCC-18	103
García Agustín	SE04-13	170	García Vargas Carlos Guillermo	RN-9	127
García Amador Bernardo Ignacio*	GEOPAL-3	81	García Vargas Carlos Guillermo	SE11-8	227
García Arróliga Norlang Marcel*	SE06-52 CARTEL	184	García Víctor Hugo	AR-2	2
García Arróliga Norlang Marcel	SE06-54 CARTEL	184	García Víctor Hugo*	AR-11 CARTEL	3
García Arróliga Norlang Marcel	SE06-55 CARTEL	185	García Zarate Marco Antonio	GGA-6	76
García Arthur Miguel Angel	GEOD-10 CARTEL	52	García Zuber Alain Jair*	SE20-28 CARTEL	282
García Arthur Miguel Angel	SIS-20 CARTEL	144	García Zuñiga Mayte Guadalupe	SE06-4	173
García Arthur Miguel Angel*	SIS-21 CARTEL	144	Garcíadiego Martínez Ana Melva*	SE08-64 CARTEL	212
García Barrera A. David	OCC-5	101	Garduño González Ana Belén*	RN-31 CARTEL	132
García-Barrera Pedro	GEOQP-5	87	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-3	160
García-Barrera Pedro	PALEO-2	121	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-9	161
García Berumen José Abraham	SE12-2	232	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-10	162
García Calderón Norma Eugenia*	SE12-6	233	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-16 CARTEL	163
García Carrillo Paula	SE13-25	241	Garduño-Monroy Víctor Hugo*	SE02-17 CARTEL	163
García Chan Néstor	CCA-34 CARTEL	22	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-18 CARTEL	163
García Concepción Faustino Omar	CCA-46 CARTEL	24	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE02-19 CARTEL	163
García Cruz Kevin Alonso	GEOQP-13 CARTEL	89	Garduño-Monroy Víctor Hugo*	SE08-1	197
García Enrique Rafael	VUL-15 CARTEL	152	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-2	197
García Felipe	SE08-10	199	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-12	199
García Franco Jorge L.	SE20-4	277	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-15	200
García Franco Jorge L.	SE20-14	279	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-16	200
García Franco Jorge L.	SE20-38 CARTEL	284	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-17	201
García García Cesar Emilio	EG-25	33	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-18	201
García García Edith Xiomara	GEOH-20 CARTEL	59	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-28	203
García-García Fernando	SE11-19 CARTEL	230	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-37 CARTEL	205
García-García Fernando	SE20-2	277	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-38 CARTEL	206
García-García Fernando*	SE20-21	281	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-45 CARTEL	207
García García Omar	SE06-77 CARTEL	189	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-50 CARTEL	209
García Gómez Víctor Hugo	AR-12 CARTEL	4	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-53 CARTEL	209
García Jiménez Alejandro Jair*	SE04-9	169	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-54 CARTEL	210
García León Sandra*	GGA-11 CARTEL	77	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-55 CARTEL	210
García-Llanas Daniel Adrián*	SE17-4	268	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-58 CARTEL	211
García López Ramon Victorino	GEOD-1	50	Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE08-69 CARTEL	214
García López Ramon Victorino	GEOD-2	50	Garduño René	SE11-15	229
García López Ramon Victorino*	GEOD-8	51	Gareliz Granillo Irma del Carmen	SE07-10 CARTEL	193
García López Ramon Victorino	GEOD-16 CARTEL	53	Garfin Gregg	CCA-45 CARTEL	24
García Maldonado Juan Ángel	SE21-1 CARTEL	286	Garibay Rubio Carlos Rodrigo*	SE06-4	173
García Maraver Hildelisa Leticia*	RN-9	127	Garibay Rubio Carlos Rodrigo*	SE06-68 CARTEL	187
García Martínez María Teresa	CCA-30	21	Garza Rocha Daniel	EG-23	33
García Martínez Rocío	SE20-33 CARTEL	283	Garza Rocha Daniel	EG-26	34
García Miguel Ángel	SE15-12 CARTEL	260	Garza Rocha Daniel*	EG-58 CARTEL	39
García Miguel Ángel	SE15-13 CARTEL	260	Garza de León Humberto	EG-62 CARTEL	40
García Moreno Luis Manuel*	SE06-1	173	Gaspar Patarroyo Tania Lucia	SE02-9	161
García Nava Héctor	OCC-14	103	Gatica-Acevedo Víctor J.	FE-15	45
García Nava Héctor	OCC-24	105	Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	OCC-8	101
García Nava Héctor*	OCC-26	105	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCE-35 CARTEL	118
García Nava Héctor	OCC-34 CARTEL	107	Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	SE11-14	229
García Nava Héctor	OCC-36 CARTEL	107	Gaxiola Camacho José Ramón	GEOD-3	50
García Nava Héctor	OCC-39 CARTEL	108	Gaxiola Espinoza Luisa Marcella	SE14-28 CARTEL	255
García Nava Héctor	OCC-40 CARTEL	108	Gaxiola Luisa Marcella	SE14-24	254
García Nava Héctor	OCE-19	114	Gay Carlos	CCA-1	16
García Nava Héctor	OCE-22	115	Gay Carlos	CCA-28	21
García Nava Héctor	OCE-29 CARTEL	116	Gaytán Espinoza Alexis*	EG-60 CARTEL	40

Geirsson Halldor	SIS-12	142	González Esparza Juan Américo	FE-12	44
Giardino John	GEOH-14 CARTEL	57	González Esparza Juan Américo	FE-13	44
Gijón Yescas Gonzalo Neftaly*	SE16-3	265	González Esparza Juan Américo	FE-14	45
Gilbert Alarcoón Christian*	GEOH-4	55	González Esparza Juan Américo	FE-15	45
Gimeno Presa Luis	CCA-14	18	González Esparza Juan Américo	FE-16	45
Giordana Véles Sofia*	SE20-35 CARTEL	284	González Esparza Juan Américo	FE-22	46
Giordano Guido	SE08-5	198	González Esparza Juan Américo	FE-24	46
Girón García Patricia	AR-6	3	González Esparza Juan Américo	FE-25 CARTEL	46
Girón García Patricia	GEOQP-8 CARTEL	87	González Esparza Juan Américo*	FE-26 CARTEL	47
Girón García Patricia	GEOQP-10 CARTEL	88	González Esparza Juan Américo	FE-30 CARTEL	47
Gisbert-Pinto Guillem	VUL-10 CARTEL	151	González Esparza Juan Américo	FE-32 CARTEL	48
Glowacka Ewa*	GEOD-10 CARTEL	52	González Esparza Juan Américo	FE-33 CARTEL	48
Glowacka Ewa	SIS-14	142	González Esparza Juan Américo	SE06-3	173
Glowacka Ewa	SIS-20 CARTEL	144	González Esparza Juan Américo*	SE06-15	176
Glowacka Ewa	SIS-21 CARTEL	144	González Esparza Juan Américo	SE06-30	179
Glowacka Ewa	SIS-35 CARTEL	146	González Esparza Juan Américo*	SE06-76 CARTEL	189
Gochis David	SE10-16 CARTEL	223	González Fernández Antonio	EG-35 CARTEL	35
Gochis David	SE20-4	277	González Fernández Antonio	GET-17 CARTEL	70
Goff John A.*	SE22-2	288	González Fernández Antonio	SE08-21	202
Gogichaishvili Avto	AR-3	2	González Fernández Antonio	SE08-24	202
Gogichaishvili Avto	AR-14 CARTEL	4	González Fernández Antonio	SE08-25	203
Gogichaishvili Avto	CS-4	8	González Fernández Antonio	SE08-26	203
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-7	82	González Fernández Antonio	SE08-42 CARTEL	207
Gogichaishvili Avto	SE03-4	165	González Fernández Antonio	SE08-43 CARTEL	207
Gogichaishvili Avto	SE03-5 CARTEL	165	González Fernández Antonio	SE08-59 CARTEL	211
Gold Bouchot Gerardo	CCA-22	20	González Fernández Antonio*	SE15-21 CARTEL	262
Gómez Álvarez Fidel*	SE08-2	197	González García José Javier	GEOD-9 CARTEL	51
Gómez-Arias Efraín	SE08-7	198	González-García Liliana	CCA-24	20
Gómez-Arias Efraín	SE08-21	202	González Guerrero Kevin Raudel*	SE17-6	269
Gómez-Arias Efraín	SE08-59 CARTEL	211	González Guevara José Luis*	CCA-49 CARTEL	25
Gómez-Arias Efraín	SE08-70 CARTEL	214	González Guevara José Luis*	VUL-23 CARTEL	154
Gómez Avila Marianggy*	SE08-59 CARTEL	211	González Guzmán Reneé	GEOQP-6	87
Gómez Avila Marianggy	SE08-70 CARTEL	214	González Hernández Daniel	SE06-71 CARTEL	188
Gómez Aviles Erick	GP-1	62	González Hernández Galia	AR-4	2
Gómez Camacho Julio*	CCA-27	20	González Hernández Galia	AR-12 CARTEL	4
Gómez Gabreila	SE04-13	170	González Hernández Galia	AR-15 CARTEL	4
Gómez González Juan Martín	SIS-32 CARTEL	146	González Hernández Galia	GGA-3	75
Gómez Hernández Ana Karen	SED-12 CARTEL	137	González Hernández Julio César	EG-41 CARTEL	36
Gómez Hernández Andrea del Pilar	SE11-10	228	González Hernández Julio César	EG-43 CARTEL	37
Gómez José Joaquín*	SE08-53 CARTEL	209	González Hernández Julio César*	MSG-13	95
Gómez Judith*	AR-15 CARTEL	4	González Hernández Julio César	MSG-20 CARTEL	97
Gómez-Muñoz Víctor Manuel	OCC-15	103	González Hernández Julio César	MSG-21 CARTEL	97
Gómez Nicolás Mariana Patricia	SE10-8	221	González Hernández Julio César	RN-21 CARTEL	130
Gómez Nicolás Mariana Patricia	SE14-31 CARTEL	256	González Hernández Marcos	RN-10	128
Gómez Ramos Octavio	SE04-8	169	González Hernández Marcos	SE06-7	174
Gómez Ramos Octavio	SE04-9	169	González Hernández Marcos	SE19-10 CARTEL	274
Gómez Ramos Octavio	SE04-10	169	González Hernández Marcos*	SE19-11 CARTEL	274
Gómez Ramos Octavio	SE04-14	170	González Huesca Alberto Enrique	SE06-8	174
Gómez Ramos Octavio	SE06-56 CARTEL	185	González Huesca Alberto Enrique*	SE06-69 CARTEL	188
Gómez Reyes Ricardo de Jesús E.	SE13-15	238	González Huesca Alberto Enrique	SE06-70 CARTEL	188
Gómez Salgado Zolla Giomar*	GGA-2	75	González Ibarra Nattley De Jesús	EG-58 CARTEL	39
Gómez Salgado Zolla Giomar	GGA-13 CARTEL	77	González Isahic	RN-8	127
Gómez-Sena Isaivis*	OCC-16	103	González Javier*	SE06-43 CARTEL	182
Gómez Sensión José Hildelgado	VUL-19 CARTEL	153	González-Jiménez José María	GEOQP-14 CARTEL	89
Gómez-Tagle Alberto	CS-1	8	González José Juan*	FE-5	43
Gómez-Tagle Alberto	CS-1	8	González Luis Xavier*	FE-3	43
Gómez Treviño Enrique	EG-22	33	González Luis Xavier	FE-9	44
Gómez Treviño Enrique	EG-53 CARTEL	39	González Luis Xavier	FE-15	45
Gómez Treviño Enrique	MSG-15	96	González Luis Xavier*	FE-23	46
Gómez Treviño Enrique	SE08-7	198	González Luis Xavier	FE-33 CARTEL	48
Gómez Treviño Enrique	SE08-25	203	González Luis Xavier	SE06-15	176
Gómez Treviño Enrique	SE08-35 CARTEL	205	González M. Eugenia	SE20-14	279
Gómez Treviño Enrique	SE08-43 CARTEL	207	González Martínez Teresa	SE10-5	221
Gómez-Valdivia Felipe	SE13-30	242	González Montes Stephanie A.*	OCC-23	104
Gómez-Valdivia Felipe*	SE13-32	242	González Moraga Gustavo Javier*	CCA-44 CARTEL	24
Gómez Valencia Alejandra Marisela	SE07-8	192	González Morán Tomás	CCA-43 CARTEL	24
Gómez-Vázquez Angel	SE06-26	178	González Norma	SED-1	134
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE08-3	197	González-Ortega Alejandro	GEOD-9 CARTEL	51
González Acevedo Zayre Ivonne*	GGA-6	76	González-Ortega Alejandro*	GEOD-13 CARTEL	52
González-Amezcuca Miguel	VUL-2	149	González Partida Eduardo	GP-7	63
González Aviles José Juan	FE-10	44	González Partida Eduardo	GEOQP-18 CARTEL	90
González-Barba Gerardo	SED-5	135	González Partida Eduardo	SE08-68 CARTEL	213
González Bautista Mario Roberto*	EG-50 CARTEL	38	González Partida Eduardo	SE08-69 CARTEL	214
González Betancourt Aurea Yahaira*	GP-7	63	González Quezada Esperanza	CCA-30	21
González Cervantes Norma*	SED-6	135	González Ramírez Javier*	SE13-45 CARTEL	245
González Díaz María Guadalupe	SED-3	134	González Rangel José Antonio*	GEOPAL-14 CARTEL	83
González Díaz María Guadalupe*	SED-8	135	González Rejón Julieta	SE13-25	241
González Eduardo	OCC-43 CARTEL	109	González Rejón Julieta*	SE13-54 CARTEL	247
González Eduardo	OCE-27 CARTEL	116	González Rodríguez Eduardo	CCA-42 CARTEL	24
González Escobar Mario	EG-27	34	González Rodríguez Eduardo	OCE-11	113
González Escobar Mario	SE08-59 CARTEL	211	González Rodríguez Eduardo*	OCE-32 CARTEL	117
González Escobar Mario	SE08-70 CARTEL	214	González Rodríguez Eduardo	OCE-34 CARTEL	118
González Esparza Juan Américo	FE-8	44	González Romero Alejandro*	SE09-4	216
González Esparza Juan Américo*	FE-9	44	González Romo Irving Antonio	SE08-22	202
González Esparza Juan Américo	FE-10	44	González Romo Irving Antonio	SE08-34 CARTEL	205

González-Santamaría Raúl	SE13-29	242	Gudiño Elizondo Napoleón	RN-22 CARTEL	130
González-Santamaría Raúl	SE13-38	243	Güereca Pérez Luis Antonio	SE06-17	176
González-Santamaría Raúl	SE13-46 CARTEL	245	Guerra Cobián Víctor Hugo	SE14-8	251
González Servin Yolanda Alejandra	SE06-4	173	Guerra Cobián Víctor Hugo	SE14-20	253
González-Silvera Adriana	OCE-33 CARTEL	117	Guerra Cobián Víctor Hugo	SE14-29 CARTEL	256
González Silvia	SE08-28	203	Guerra Moreno Eduardo Guadalupe*	SE01-7	157
González Silvia	SE08-45 CARTEL	207	Guerrero-Arenas Rosalía*	PALEO-2	121
González Toreros Lucía	VUL-19 CARTEL	153	Guerrero-Arenas Rosalía	PALEO-7	122
González-Trinidad Julián	SE19-12 CARTEL	274	Guerrero-Arenas Rosalía	PALEO-11 CARTEL	123
González-Trinidad Julián	SE19-13 CARTEL	274	Guerrero Díaz Paola	GEOPAL-11 CARTEL	83
González de la Vega Jorge	SE06-76 CARTEL	189	Guerrero Guerra Cesar	CCA-36 CARTEL	22
González del Castillo Eugenia	SE10-1	220	Guerrero Guerra Cesar	SE20-12	279
González del Castillo Eugenia*	SE10-12	222	Guerrero Moreno Lorena*	OCE-15	113
González del Castillo Eugenia*	SE20-7	278	Guerrero-Paz Deisy*	GET-25 CARTEL	71
González del Castillo Eugenia	SE20-24 CARTEL	281	Guerrero Razo Alejandro	SE06-17	176
Gopalswamy Nat	FE-6	43	Guerrero Sánchez Guillermo Vladimir	AR-9 CARTEL	3
Gorokjovich Yuri	GEOH-23 CARTEL	60	Guevara Alday Diana Atenea*	SE08-54 CARTEL	210
Gorokjovich Yuri	RN-25 CARTEL	131	Guevara Alday Jorge Alejandro	SE08-12	199
Gorr Emiliano*	OCE-29 CARTEL	116	Guevara Alday Jorge Alejandro*	SE08-28	203
Goulart da Silva Renata Maria*	SE13-59 CARTEL	248	Guevara Alday Jorge Alejandro*	SE08-45 CARTEL	207
Govinda Luis	SE15-2	258	Guevara Betancourt Randall*	EG-10	30
Gracia Barrera Ashley David*	SE14-31 CARTEL	256	Guevara Betancourt Randall	EG-11	30
Gracia Barrera David	OCC-9	102	Guevara Betancourt Randall	EG-12	30
Gracia Barrera David	SE14-13	252	Guevara Betancourt Randall	EG-16	31
Gracia-Escobar Fernanda	OCE-33 CARTEL	117	Guevara Betancourt Randall	SE11-10	228
Gracia Gasca Adolfo	SE15-19 CARTEL	261	Guevara Juan Carlos	OCC-7	101
Gradilla Luis	GEOPAL-2	81	Guevara María de Jesús*	CCA-31	21
Gradilla Luis*	SE14-19	253	Guevara María de Jesús	SE11-10	228
Gradilla Luis	SE14-28 CARTEL	255	Guevara Mirna	GGA-2	75
Grahmann Kathrin	GEOH-13 CARTEL	57	Guevara Mirna	GGA-13 CARTEL	77
Grajales-Nishimura Manuel	SED-13 CARTEL	137	Guevara Mirna	GEOQP-12 CARTEL	89
Granados Alfredo	SE20-4	277	Guilbaud Marie-Noelle	GEOPAL-10 CARTEL	82
Granados Chavarría Ivan	EG-47 CARTEL	38	Guilbaud Marie-Noelle	VUL-7	150
Granados Chavarría Ivan	EG-49 CARTEL	38	Guilbaud Marie-Noelle	VUL-20 CARTEL	153
Granados Chavarría Ivan	EG-51 CARTEL	38	Gutiérrez Acosta Raúl*	OCC-33 CARTEL	106
Granados Chavarría Ivan	EG-55 CARTEL	39	Gutiérrez Aguilar Fabián*	SE07-9 CARTEL	193
Granados Chavarría Ivan*	SE08-46 CARTEL	208	Gutiérrez Aguilar Fabián	SE07-15 CARTEL	194
Granados Ivan	EG-48 CARTEL	38	Gutiérrez-Brizuela Noel	OCE-12	113
Granados Ivan*	SIS-22 CARTEL	144	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	RN-10	128
Granados Ivan	SE02-6	161	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE06-7	174
Granados Martínez Karol Paulina*	SE10-19 CARTEL	224	Gutiérrez Calderón Raúl Iván*	SE06-22	177
Granados Pérez Itzel	SE11-19 CARTEL	230	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE19-5	273
Granados Vázquez Berenice Araceli	SE11-19 CARTEL	230	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE19-7	273
Gray Andrew B.	SE14-28 CARTEL	255	Gutiérrez Calderón Raúl Iván*	SE19-8	273
Greco Catriel	AR-1	2	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE19-9 CARTEL	273
Griffin William L.	GEOQP-14 CARTEL	89	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE19-10 CARTEL	274
Grijalva Noriega Francisco Javier	RN-17 CARTEL	129	Gutiérrez Calderón Raúl Iván	SE19-11 CARTEL	274
Gross Markus*	CCA-23	20	Gutiérrez Carmona Dulce María Elizabeth	SE08-16	200
Gross Markus	CCA-24	20	Gutiérrez Edahi	SIS-13	142
Gross Markus*	OCC-21	104	Gutiérrez Eduardo	VUL-6	150
Gross Markus*	OCC-41 CARTEL	108	Gutiérrez González Alondra Rubí	GET-1	66
Gross Markus	OCE-7	112	Gutiérrez Jurado Hugo	SE10-8	221
Gross Markus	SE04-15	170	Gutiérrez Leyva Josué	SE06-17	176
Grupo de trabajo Servicio Sismológico Nacional	SE11-2	226	Gutiérrez Loza Lucía*	SE15-3	258
Grupo de trabajo del SSN	SE06-23	177	Gutiérrez Martínez Carlos A.	SE06-34 CARTEL	180
Gutter Michel	CCA-8	17	Gutiérrez Martínez Carlos A.	SE06-48 CARTEL	183
Gutter Michel	VUL-14 CARTEL	152	Gutiérrez Martínez Carlos A.*	SE06-60 CARTEL	186
Gutter Michel	SE20-4	277	Gutiérrez Moreno Carolina*	OCC-34 CARTEL	107
Gutter Michel	SE20-6	278	Gutiérrez Quijada Valente	SE06-56 CARTEL	185
Gutter Michel	SE20-7	278	Gutiérrez Rincón Eliana Lizeth*	EG-44 CARTEL	37
Gutter Michel	SE20-8	278	Gutiérrez-Ruacho Oscar	RN-26 CARTEL	131
Gutter Michel	SE20-9	278	Gutiérrez Santiago Humberto*	CCA-16	18
Gutter Michel	SE20-10	279	Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo	CCA-46 CARTEL	24
Gutter Michel	SE20-11	279	Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo	CCA-47 CARTEL	24
Gutter Michel*	SE20-13	279	Guzmán Acevedo Germán Michel*	GEOD-3	50
Gutter Michel	SE20-14	279	Guzmán Cervantes Consuelo Selene	SE08-15	200
Gutter Michel	SE20-16	280	Guzmán Cervantes Consuelo Selene*	SE08-50 CARTEL	209
Gutter Michel	SE20-19	280	Guzmán Francisco S.	FE-5	43
Gutter Michel	SE20-20	281	Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto	GEOD-8	51
Gutter Michel	SE20-22	281	Guzmán Speziale Marco*	SE06-11	175
Gutter Michel	SE20-23 CARTEL	281	Haase Jennifer	SE20-4	277
Gutter Michel	SE20-24 CARTEL	281	Hakspiel-Segura Cristian	SE13-17	239
Gutter Michel	SE20-28 CARTEL	282	Hancock Chris	OCC-42 CARTEL	108
Gutter Michel	SE20-29 CARTEL	282	Hancock Chris	SE15-1	258
Gutter Michel	SE20-30 CARTEL	283	Haro Corzo Sinhue Amos Refugio	FE-24	46
Gutter Michel	SE20-31 CARTEL	283	Haro Corzo Sinhue Amos Refugio	FE-31 CARTEL	47
Gutter Michel	SE20-36 CARTEL	284	Haro Corzo Sinhue Amos Refugio*	SE11-1	226
Gutter Michel	SE20-37 CARTEL	284	Haro Corzo Sinhue Amos Refugio	SE11-19 CARTEL	230
Gutter Michel	SE20-38 CARTEL	284	Hase Frank	CCA-8	17
Guardado France Rigoberto	OCC-14	103	Hase Frank	VUL-14 CARTEL	152
Guardado France Rigoberto*	RN-22 CARTEL	130	Hemes Susanne*	SE01-8	157
Guardiola Albert Carolina	SE02-3	160	Heredia Aurelio	VUL-15 CARTEL	152
Guarin Duran Cesar Augusto*	SE20-11	279	Heredia-Jiménez Daniela Paulina*	PALEO-5	122
Guarin Duran Cesar Augusto	SE20-28 CARTEL	282	Heredia Mariana*	EG-48 CARTEL	38
Guarin Duran Cesar Augusto	SE20-31 CARTEL	283	Heredia de los Santos Víctor Manuel*	SE06-6	174

Hereu Clara Maria	SE13-15	238	Hernández Silva Gilberto*	SE12-1	232
Hereu Clara Maria*	SE13-57 CARTEL	247	Hernández Silva Gilberto	SE12-6	233
Herguera Juan Carlos	OCE-3	111	Hernández Silva Gilberto*	SE12-8 CARTEL	233
Herguera Juan Carlos	OCE-14	113	Hernández Silva Gilberto	SE12-11 CARTEL	234
Herguera Juan Carlos	OCE-27 CARTEL	116	Hernández Teodoro	SE07-3	191
Herguera Juan Carlos	OCE-30 CARTEL	117	Hernández Teodoro	SE07-7	192
Herguera Juan Carlos	SED-11 CARTEL	136	Hernández Teófilo	PALEO-10 CARTEL	123
Herguera Juan Carlos	SE08-24	202	Hernández Terrones Laura	OCC-6	101
Herguera Juan Carlos	SE13-18	239	Hernández Treviño J. Teodoro*	GET-27 CARTEL	72
Herguera Juan Carlos	SE13-42 CARTEL	244	Hernández Treviño J. Teodoro	SE07-9 CARTEL	193
Herguera Juan Carlos*	SE13-43 CARTEL	244	Hernández Treviño J. Teodoro	SE07-15 CARTEL	194
Herguera Juan Carlos*	SE13-44 CARTEL	244	Hernández Trujillo Noemí	SE08-16	200
Herguera Juan Carlos	SE14-28 CARTEL	255	Hernández Vargas Gisell	CCA-2	16
Hernández Aguilar Maria Luisa	RN-15	129	Hernández Vargas Gisell*	SE04-8	169
Hernández Alfaro Jaime*	CCA-40 CARTEL	23	Hernández Velázquez Cynthia Brisseida	MSG-13	95
Hernández-Álvarez Elizabeth	SE12-4	232	Hernández-Walls Rafael*	OCC-40 CARTEL	108
Hernández Álvarez Hector*	AR-3	2	Hernández Walter	VUL-6	150
Hernández Angel Aldair Felipe	SE06-39 CARTEL	181	Hernández Yesenia	SE14-28 CARTEL	255
Hernández Arana Héctor A.	SE10-10	222	Herrada Rosa Alhelí	CS-9 CARTEL	10
Hernandez Ayón Martín	OCE-23	115	Herrera-Barrientos Fernando	EG-34 CARTEL	35
Hernandez Ayón Martín	SE13-18	239	Herrera-Barrientos Fernando	SE19-2	272
Hernandez Ayón Martín	SE13-20	240	Herrera Contreras Daniel	SED-15 CARTEL	137
Hernández-Becerra Natalí	CS-8	9	Herrera Cortés Silvia	SE20-19	280
Hernández Bello María Guadalupe*	RN-14	128	Herrera Cortés Silvia	SE20-23 CARTEL	281
Hernández Bello María Guadalupe	SE06-50 CARTEL	184	Herrera Gutiérrez Beatriz*	SE20-31 CARTEL	283
Hernández-Bernal María del Sol	GEOQP-16 CARTEL	90	Herrera Jorge	SE13-21	240
Hernández Cardona Arnaldo*	GEOPAL-12 CARTEL	83	Herrera Juan Camilo*	EG-14	31
Hernández Cervantes Andrea Leticia*	GEOQP-18 CARTEL	90	Herrera-Moro Dulce	SE13-38	243
Hernández Cruz Guillermo	GEOQP-12 CARTEL	89	Herrera Oliva Claudia Soledad	GEOH-3	55
Hernández Eliseo	SE08-62 CARTEL	212	Herrera Oliva Claudia Soledad	GEOH-22 CARTEL	59
Hernández-Espriú Antonio	GEOH-6	56	Herrera Vázquez Carlos	CCA-15	18
Hernández-Espriú Antonio	SE08-9	199	Herrera Vázquez Carlos	OCC-37 CARTEL	107
Hernández-Espriú Antonio	SE08-61 CARTEL	211	Herrera Verónica Esmeralda	SE12-7	233
Hernández-Espriú Antonio	SE08-62 CARTEL	212	Herrera Zamarrón Graciela	MSG-3	93
Hernández-Espriú Antonio	SE11-3	226	Herrera Zamarrón Graciela	MSG-5	94
Hernández-Espriú Antonio	SE14-5	251	Herrera Zamarrón Graciela	MSG-9	94
Hernández Esteban	AR-20 CARTEL	5	Herrera Zamarrón Graciela	MSG-19 CARTEL	96
Hernández García Guillermo de Jesús	GEOH-17 CARTEL	58	Herrera-Zavaleta Ramos	SE11-17 CARTEL	229
Hernández García Guillermo de Jesús*	MSG-19 CARTEL	96	Hervé Gwenael	GEOPAL-9 CARTEL	82
Hernández Gilberto	SE12-9 CARTEL	233	Herzka Llona Sharon Zinah	OCE-24	115
Hernández González Mayra	SE15-5	259	Herzka Llona Sharon Zinah	SE13-11	237
Hernández Grajales Meztli*	AR-17 CARTEL	5	Herzka Llona Sharon Zinah	SE13-14	238
Hernández Guajardo Javier	GEOH-1	55	Herzka Llona Sharon Zinah	SE13-52 CARTEL	246
Hernández Hernández Aurora*	RN-13	128	Herzka Llona Sharon Zinah	SE13-59 CARTEL	248
Hernández Hernández Jesus Israel	SE20-5	277	Herzka Llona Sharon Zinah	SE15-8	259
Hernández Hernández Mario A.	SE08-33 CARTEL	204	Hill Sam	VUL-10 CARTEL	151
Hernández Hernández Ricardo R.	OCC-19	104	Hinojo Hinojo Cesar	SE10-3	220
Hernández Horacio	GEOH-14 CARTEL	57	Hinojo Hinojo Cesar	SE10-14 CARTEL	223
Hernández Jaime	SE09-3	216	Hinojosa Alejandro*	OCC-13	102
Hernández Javier	EG-13	31	Hinojosa Alejandro	SE03-7 CARTEL	166
Hernández Javier	SE08-5	198	Hinojosa Alejandro*	SE14-10	252
Hernández Jose	VUL-15 CARTEL	152	Hinojosa Alejandro	SE14-17	253
Hernández Lasheras Jaime	OCC-29	106	Hinojosa Alejandro	SE14-19	253
Hernández Lasheras Jaime	OCC-38 CARTEL	108	Hinojosa Alejandro*	SE14-23	254
Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-4	126	Hinojosa Alejandro*	SE14-24	254
Hernández Madrigal Víctor Manuel*	SE19-1	272	Hinojosa Alejandro*	SE14-28 CARTEL	255
Hernández Maguey Felipe	SE06-56 CARTEL	185	Hinojosa Eduardo	RN-26 CARTEL	131
Hernández Maguey Felipe	SE13-29	242	Hinojosa Héctor	EG-58 CARTEL	39
Hernández Marín Martín	SE19-3	272	Hinojosa Rivera Moisés	SE08-29	204
Hernández Márquez Juan Omar*	SE08-52 CARTEL	209	Hinojosa de la Garza Octavio Raúl	SE17-5	269
Hernández Martín*	GEOH-5	56	Hinojosa de la Garza Octavio Raúl	SE17-8	269
Hernández-Mena Leonel	CCA-6	16	Hinojoza-Jáquez Adilene*	SED-10 CARTEL	136
Hernández-Mena Leonel	GGA-1	75	Hjörleifsdóttir Vala*	SIS-3	140
Hernández Orlando	SE11-1	226	Hjörleifsdóttir Vala	SIS-7	141
Hernández Ortega Ana Joselyn*	EG-41 CARTEL	36	Hjörleifsdóttir Vala	SIS-12	142
Hernández Ortega Ana Joselyn	SE14-23	254	Holwerda Friso	SE10-1	220
Hernández Oscoy Ariadna	VUL-1	149	Holwerda Friso*	SE10-5	221
Hernández Oscoy Ariadna	SE06-48 CARTEL	183	Holwerda Friso	SE10-6	221
Hernández Oscoy Ariadna	SE06-69 CARTEL	188	Holwerda Friso	SE10-7	221
Hernández Oswaldo	PALEO-10 CARTEL	123	Holwerda Friso	SE10-17 CARTEL	223
Hernández Paniagua Iván Yassmany*	CCA-4	16	Holwerda Friso	SE10-19 CARTEL	224
Hernández-Quevedo Gabriela	GEOQP-19 CARTEL	90	Holwerda Friso	SE10-21 CARTEL	224
Hernández Quintero Juan Esteban	AR-22 CARTEL	6	Holwerda Friso	SE20-24 CARTEL	281
Hernández Quintero Juan Esteban	EG-59 CARTEL	40	Houtin-Mongrolle Félix	OCC-21	104
Hernández Quintero Juan Esteban	FE-33 CARTEL	48	Huante Arana Francisco Enrique	EG-8	29
Hernández Quintero Juan Esteban	RN-11	128	Huante Arana Francisco Enrique*	EG-24	33
Hernández Quintero Juan Esteban*	SE06-3	173	Huante Arana Francisco Enrique	EG-25	33
Hernández Quintero Juan Esteban*	SE06-57 CARTEL	185	Huante Arana Francisco Enrique	SE08-67 CARTEL	213
Hernández Rosales Alberto*	GP-10 CARTEL	64	Huddart David	SE08-28	203
Hernández Rosales Arturo	OCC-30	106	Huddart David	SE08-45 CARTEL	207
Hernández Rosales Arturo	SE09-4	216	Huerta-García Josefina	SE04-6	169
Hernández Rubén*	EG-51 CARTEL	38	Huerta-García Josefina	SE19-12 CARTEL	274
Hernández Sánchez Rosa Isabel*	GEOH-16 CARTEL	58	Huerta-García Josefina	SE19-13 CARTEL	274
Hernández Sánchez Rosa Isabel*	GEOH-21 CARTEL	59	Huerta-García Josefina	SE19-14 CARTEL	275
Hernández Sergio Joel	GEOH-5	56	Huerta Martínez Jhosep Jonathan*	SE01-11 CARTEL	158

Huerta Miranda Luis Daniel*	RN-29 CARTEL	132	Juárez Mónica	SE08-10	199
Huesca Pérez Eduardo	SIS-13	142	Juárez Morales Karla Rubí	MSG-21 CARTEL	97
Huesca Pérez Eduardo	SIS-17 CARTEL	143	Júnez-Ferreira Hugo Enrique	SE19-12 CARTEL	274
Huesca Pérez Eduardo*	SIS-33 CARTEL	146	Júnez-Ferreira Hugo Enrique	SE19-13 CARTEL	274
Huipe Domratcheva Elizandro	FE-10	44	Jurado de Larios Oscar E.	SE13-4	236
Huipe Domratcheva Elizandro*	FE-12	44	Jurado de Larios Oscar E.	SE13-58 CARTEL	248
Husker Allen	SIS-24 CARTEL	144	Kita Yuko*	AR-6	3
Ibarra García Daniel Aaron*	GEOH-24 CARTEL	60	Knappett Peter	GEOH-14 CARTEL	57
Iglesias Arturo	SIS-7	141	Kono Martínez Tadashi	SE14-15	253
Iglesias Arturo	SIS-8	141	Kostoglodov Vladimir	SIS-5	140
Iglesias Arturo	SIS-10	142	Kostoglodov Vladimir	SIS-24 CARTEL	144
Iglesias Arturo	SE02-4	160	Kotsarenko Anatoliy	SE08-36 CARTEL	205
Ilizaliturri-Hernández César	SE12-3	232	Krause Johannes	SE14-28 CARTEL	255
Inguaggiato Claudio*	SE08-27	203	Kretzschmar Thomas	CCA-53 CARTEL	26
Iñiguez Pacheco José Enrique*	SE08-44 CARTEL	207	Kretzschmar Thomas	GEOH-4	55
Iriondo Alexander*	SE07-5	192	Kretzschmar Thomas	SE08-24	202
Iriondo Alexander	SE07-10 CARTEL	193	Kretzschmar Thomas	SE08-41 CARTEL	206
Iriondo Alexander	SE07-14 CARTEL	194	Kretzschmar Thomas	SE08-44 CARTEL	207
Iriondo Alexander	SE07-16 CARTEL	195	Kshirsagar Pooja	SED-15 CARTEL	137
Islas Herrera Mario	SE11-18 CARTEL	229	Kshirsagar Pooja*	VUL-5	149
Israde-Alcántara Isabel	CCA-30	21	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro*	OCC-28	105
Israde-Alcántara Isabel	PALEO-2	121	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro	OCC-29	106
Israde-Alcántara Isabel	SE02-17 CARTEL	163	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro	SE15-5	259
Ito Yoshihiro	SIS-3	140	Labrada Santana Alejandra*	SE04-10	169
Iturrarán-Viveros Ursula	MSG-4	93	Lacan Pierre	RN-3	126
Iturrarán-Viveros Ursula	MSG-12	95	Lacan Pierre	SE02-1	160
Ivanov Valeriy	SE10-11	222	Lacan Pierre	SE02-10	162
Iwahori Takuya*	SIS-16	143	Lacan Pierre*	SE02-11	162
Izaguirre Pompa Aldo	SE07-16 CARTEL	195	Lacan Pierre	SE02-12	162
Jácome-Paz Mariana Patricia	SE08-13	200	Lacan Pierre	SE02-18 CARTEL	163
Jácome-Paz Mariana Patricia	SE08-22	202	Ladino Moreno Luis Antonio	SE20-9	278
Jácome-Paz Mariana Patricia*	SE08-34 CARTEL	205	Ladrón de Guevara Torres María de los Ángeles	GEOH-16 CARTEL	58
Jaimes Palomera Mónica	SE20-20	281	Ladrón de Guevara Torres María de los Ángeles	GEOH-21 CARTEL	59
Jaimes-Viera María del Carmen	SE06-19	177	Lagos Marcelo	SE03-1	165
Javier Trinidad María Guadalupe*	SE01-5	156	Lagos Marcelo*	SE03-2	165
Jazcilevich Aron	CCA-4	16	Lagos Marcelo	SE03-4	165
Jazcilevich Aron	SE04-13	170	Lakatos János	SE12-10 CARTEL	234
Jicha Brian	SE08-5	198	Lander Bruce	PALEO-11 CARTEL	123
Jiménez Cuitláhuac Héctor Octavio Jacinto	AR-11 CARTEL	3	Lara Alejandro	FE-4	43
Jiménez Escalona José Carlos*	RN-19 CARTEL	130	Lara Alejandro*	FE-6	43
Jiménez Espinosa Martín	SE06-33 CARTEL	180	Lara Alejandro	FE-7	43
Jiménez Espinosa Martín*	SE06-34 CARTEL	180	Lara Alejandro	FE-18	45
Jiménez Espinosa Martín	SE06-35 CARTEL	180	Lara Cruz Patricia*	FE-29 CARTEL	47
Jiménez Futema Sonia	OCE-34 CARTEL	118	Lara Guzmán Uriel*	GGA-4	75
Jiménez Gayosso Sócrates Dibs*	SE01-6	156	Lara Hernández Julio Antonio	SE13-4	236
Jiménez Gerardo	AR-2	2	Lara Hernández Julio Antonio*	SE13-10	237
Jiménez-González Alana	SE08-61 CARTEL	211	Lara Lara Rubén	OCE-27 CARTEL	116
Jiménez Haro Adrián*	SE02-9	161	Lara Lara Rubén	OCE-32 CARTEL	117
Jiménez Haro Adrián	SE08-2	197	Lara Lara Rubén	OCE-34 CARTEL	118
Jiménez Haro Adrián	SE08-12	199	Lara Lara Rubén	SE13-12	238
Jiménez Haro Adrián	SE08-15	200	Lara Lara Rubén	SE15-3	258
Jiménez Haro Adrián	SE08-17	201	Larrañaga Marco*	OCE-21	115
Jiménez Haro Adrián*	SE08-18	201	Lawton Timothy F.	SED-8	135
Jiménez Haro Adrián	SE08-37 CARTEL	205	Layer Paul	SE08-3	197
Jiménez Haro Adrián	SE08-50 CARTEL	209	Lazcano Prieto Javier	SE07-10 CARTEL	193
Jiménez Haro Adrián	SE08-55 CARTEL	210	Lazcano Prieto Javier	SE07-16 CARTEL	195
Jiménez-Hernández Sergio	OCC-40 CARTEL	108	Lazcano Sánchez Jorge	SE19-5	273
Jiménez-Hidalgo Eduardo	PALEO-2	121	Ledesma-Vázquez Jorge	OCC-14	103
Jiménez-Hidalgo Eduardo*	PALEO-7	122	Ledo Juanjo	EG-14	31
Jiménez-Hidalgo Eduardo*	PALEO-11 CARTEL	123	Lee James K.W.	GET-14	69
Jiménez-Juárez Cynthia Suhey*	PALEO-9 CARTEL	122	León-Becerril Elizabeth	GGA-1	75
Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.	OCE-24	115	León Cruz José Francisco*	CCA-26	20
Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.	SE13-11	237	León Cruz José Francisco	SE11-10	228
Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.	SE13-14	238	León Loya Rodrigo Alejandro	SE02-1	160
Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia A.	SE13-15	238	León Loya Rodrigo Alejandro	SE02-10	162
Jiménez Sánchez Carmen Alejandra*	RN-10	128	León Loya Rodrigo Alejandro*	SE02-12	162
Jiménez Sánchez Carmen Alejandra	SE06-7	174	León Loya Rodrigo Alejandro	SE02-18 CARTEL	163
Jiménez Sánchez Carmen Alejandra	SE19-10 CARTEL	274	León Sánchez Adrián Misaël*	MSG-15	96
Jiménez Velázquez Juan Carlos	SE06-60 CARTEL	186	León Vasquez Ernesto*	SE08-40 CARTEL	206
John Larsen Jhon	CS-12 CARTEL	10	Lermo Samaniego Javier Francisco	SE08-19	201
Jones Hunter	CCA-45 CARTEL	24	Lermo Samaniego Javier Francisco	SE08-20	201
Jónsdóttir Kristín	SIS-12	142	Levchenko Oleg	SED-4	134
Joshi Anand	SIS-18 CARTEL	143	Levresse Gilles	GP-4	62
Jouanno Julien*	SE13-3	236	Levresse Gilles	GET-22 CARTEL	71
Jouanno Julien	SE13-47 CARTEL	245	Levresse Gilles	RN-3	126
Juárez Aguilar Edwin Aldrin*	GEOQP-7	87	Levresse Gilles	SE08-9	199
Juárez Arriaga Edgar	SED-8	135	Levresse Gilles	SE08-60 CARTEL	211
Juárez-Arriaga Erick	GEOPAL-4	81	Levresse Gilles	SE08-61 CARTEL	211
Juárez-Arriaga Erick*	GEOPAL-5	81	Levresse Gilles*	SE08-62 CARTEL	212
Juárez-Arriaga Erick	GEOPAL-6	82	Ley Cooper Alan Yusen	MSG-15	96
Juárez Cansdales Gregorio*	MSG-25 CARTEL	98	Leyva Ollivier María Esther*	OCC-37 CARTEL	107
Juárez Faustino*	RN-8	127	Leyva Ramos Roberto	GGA-18 CARTEL	79
Juárez-Hernández Argelia Esperanza*	SE04-16	171	Lezama Campos José Luis	GEOH-7	56
Juárez Jiménez Julio Antonio	SE15-8	259	Lezama Campos José Luis	GEOH-19 CARTEL	59
Juárez López José de Jesús*	SE06-27	178	Lezama Campos José Luis*	SE01-4	156

Li Yanmei	EG-20	32	Luna Andrade Mónica Azucena*	MSG-5	94
Li Yanmei	GEOH-14 CARTEL	57	Luna Rodríguez Javier Iván	EG-47 CARTEL	38
Liang Hong	SE20-4	277	Luna Rodríguez Javier Iván*	EG-49 CARTEL	38
Licea Navarro Alexei Fedorovich	SE15-8	259	Luna Rosa Beatriz	SE04-1	168
Liceaga-Correa María de los Angeles*	SE13-9	237	Luna Sánchez Enrique	SE19-5	273
Liceaga-Correa María de los Angeles	SE13-16	239	Luria Nayely*	PALEO-10 CARTEL	123
Liera Cesar A.	OCE-23	115	Machain María Luisa	SE03-4	165
Limón Gámez Juan Antonio*	EG-61 CARTEL	40	Machain María Luisa	SE03-5 CARTEL	165
Linacre Lorena	SE13-12	238	Macías Castillo Marco Antonio	EG-51 CARTEL	38
Linacre Lorena*	SE13-13	238	Macías José Luis	SED-2	134
Liñán Abanto Rafael Nery*	SE20-16	280	Macías José Luis	SED-5	135
Liñán-Cabello Marco	OCC-36 CARTEL	107	Macías José Luis	VUL-17 CARTEL	153
Lintner Benjamin	SE20-4	277	Macías José Luis	VUL-18 CARTEL	153
Liotta Marcello	SE08-24	202	Macías José Luis	VUL-22 CARTEL	154
Lira-Beltrán R. Marcela*	SED-5	135	Macías José Luis	SE08-3	197
Lizárraga-Célaya Carlos	SE10-20 CARTEL	224	Macías José Luis	SE08-4	197
Loera González Pablo	FE-24	46	Macías José Luis	SE08-10	199
Loescher Henry William	SE10-4	220	Macías José Luis	SE08-18	201
Lopera Gasca Ana Cecilia	SE11-13	228	Macías-Medrano Sergio	SE08-61 CARTEL	211
López Aburto Rodrigo*	SE01-10 CARTEL	157	Macías-Medrano Sergio*	SE11-3	226
López Alan	SE15-2	258	Macías-Medrano Sergio*	SE14-5	251
López-Blanco Jorge	CS-26 CARTEL	14	Madrigal Avalos Luis Alfredo	SIS-9	141
López Carrasco Moisés	SE20-33 CARTEL	283	Madrigal-Gomez Jose M.	SE10-15 CARTEL	223
López Castillejos Julio	OCE-19	114	Maffey Silvia	OCE-34 CARTEL	118
López Colunga José Alfredo	SE21-1 CARTEL	286	Magaldi Adolfo*	SE20-3	277
López Delgado Verónica*	AR-14 CARTEL	4	Magaldi Adolfo	SE20-13	279
López Díaz Jazmin	AR-16 CARTEL	4	Magaldi Adolfo	SE20-14	279
López Díaz Sigifredo	GEOH-15 CARTEL	58	Magaldi Adolfo	SE20-17	280
López Espinoza Erika Danaé	CCA-36 CARTEL	22	Magaldi Adolfo	SE20-34 CARTEL	283
López Espinoza Erika Danaé	SE04-8	169	Magaldi Adolfo	SE20-35 CARTEL	284
López Espinoza Erika Danaé	SE04-9	169	Magaldi Adolfo	SE20-36 CARTEL	284
López Espinoza Erika Danaé	SE04-10	169	Magaña García Nancy	SE08-28	203
López Espinoza Erika Danaé	SE20-12	279	Magaña Hernández Francisco	RN-29 CARTEL	132
López Espinoza Erika Danaé	SE08-36 CARTEL	205	Magaña Ortega Angélica de Monserrat*	SE08-37 CARTEL	205
López González José	OCC-17	103	Magaña Rueda Víctor O.	SE09-6	217
López González José*	SE14-14	252	Magaña Torres Elizabeth	SE08-13	200
López González José	SE14-31 CARTEL	256	Magar Vanesa*	CCA-24	20
López González José	SE20-25 CARTEL	282	Magar Vanesa	OCE-7	112
López Hernández Aída	SE08-33 CARTEL	204	Magar Vanesa	OCE-28 CARTEL	116
López Isabel*	RN-27 CARTEL	131	Magariños Fernando	SE13-38	243
López José	OCC-12	102	Mahgoub Ahmed Nasser*	GEOPAL-4	81
López Lara Karla Aline*	SE08-65 CARTEL	212	Mahgoub Ahmed Nasser	GEOPAL-5	81
López Lena Rubén*	SE06-47 CARTEL	183	Mahgoub Ahmed Nasser*	GEOPAL-6	82
López Lena Rubén	SE06-53 CARTEL	184	Mahgoub Ahmed Nasser*	GEOPAL-10 CARTEL	82
López Loera Héctor	EG-12	30	Mainou Luisa	AR-4	2
López Loera Héctor	EG-32	35	Mainou Luisa	AR-15 CARTEL	4
López Loera Héctor	SE08-3	197	Málaga Carlos	GP-12 CARTEL	64
López-López Alberto	GGA-1	75	Maldonado Vega María*	SE12-2	232
López López Silverio	OCE-34 CARTEL	118	Maltseva Olga	FE-15	45
López Manuel	SE13-27	241	Mancera Alejandrez Javier	SE08-61 CARTEL	211
López-Martínez Margarita	GEOQP-19 CARTEL	90	Mancera Alejandrez Javier	SE08-62 CARTEL	212
López Mazariegos Erik Alberto*	SE08-19	201	Mancera Alejandrez Javier	SE11-3	226
López Medina Alfonso	SE20-20	281	Mancera Alejandrez Javier	SE14-5	251
López Moisés	SE12-5	232	Mancha Matamoros Yamely Michel*	EG-36 CARTEL	36
López Moisés	SE20-27 CARTEL	282	Mancilla de la Cruz Yris Laura	SE14-20	253
López-Montes Rebeca*	FE-11	44	Mandujano Sánchez Francisco Javier*	GP-12 CARTEL	64
López Pérez Andrés	OCE-13	113	Manea Marina	SE08-9	199
López-Quiroz Penélope	SE02-15 CARTEL	163	Manea Vlad Constantin	MSG-18 CARTEL	96
López Ramírez Pablo	CCA-4	16	Mangler Martin*	VUL-10 CARTEL	151
López Rasgado Francisco Javier	SE13-52 CARTEL	246	Manríquez Juan	SE12-7	233
López Rico Omar Yair	SE01-1	156	Manzanilla Linda	GEOPAL-6	82
López Rivas Trinidad*	SE06-24	178	Mar Ponce Ana Beatriz*	GGA-19 CARTEL	79
López Saucedo Felipe	EG-60 CARTEL	40	Margolina Tetyana	OCE-9	112
López Saucedo Felipe	EG-61 CARTEL	40	Marincic Irene	RN-26 CARTEL	131
López Saucedo Felipe	EG-62 CARTEL	40	Mariño Tapia Ismael	CCA-22	20
López Valdés Néstor*	VUL-20 CARTEL	153	Mariño Tapia Ismael	OCC-1	100
López Zepeda Sandra Itzel	OCC-18	103	Mariño Tapia Ismael*	OCC-4	100
López Zepeda Sandra Itzel	RN-9	127	Mariño Tapia Ismael	OCC-5	101
López Zepeda Sandra Itzel*	SE11-8	227	Mariño Tapia Ismael	OCC-6	101
Lorenzo Merino Ainhoa	VUL-20 CARTEL	153	Mariño Tapia Ismael	OCE-15	113
Loterio Andrea	GET-5	66	Mariño Tapia Ismael*	SE13-23	240
Loza Aguirre Isidro	GET-16	69	Mariño Tapia Ismael	SE13-24	241
Loza Aguirre Isidro	SED-15 CARTEL	137	Mariño Tapia Ismael	SE16-6	266
Loza Aguirre Isidro	SE08-9	199	Marinone Guido	OCC-32	106
Lozada Zumaeta Mario Manuel	EG-29	34	Marinone Guido	OCE-7	112
Lozano Bravo Hilda*	AR-19 CARTEL	5	Marinone Guido	OCE-10	113
Lozano García María del Socorro	OCE-5	112	Márquez Ramírez Víctor Hugo	GEOD-10 CARTEL	52
Lozano Guajardo Víctor Jesús*	GP-6	62	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-20 CARTEL	144
Lozano-Hernández Joselyn*	SE17-5	269	Márquez Ramírez Víctor Hugo	VUL-2	149
Lozano Itzel*	AR-21 CARTEL	6	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE02-12	162
Lucero-Álvarez Jorge	SE17-1	268	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE08-47 CARTEL	208
Luévano García Gabriel*	SE08-30	204	Martin Barajas Jesús Arturo	SE08-42 CARTEL	207
Lugo Zazueta Raul Ernesto*	GET-20 CARTEL	70	Martin Del Pozzo Ana Lillian*	SE06-19	177
Lugo Zazueta Raul Ernesto	SED-15 CARTEL	137	Martin-Ruiz Gonzalo	SE20-25 CARTEL	282
Lumbreras Farías Alejandra	EG-62 CARTEL	40	Martínez Álvarez Juana*	SE06-46 CARTEL	183

Martínez Arroyo María Amparo*	SE20-1	277	Mejía Ambríz Julio	FE-15	45
Martínez Avalos Francisco	SE06-38 CARTEL	181	Mejía Ambríz Julio	FE-21	46
Martínez Duarte Marisol*	GP-5	62	Mejía Ambríz Julio	FE-24	46
Martínez Félix Carlos Alberto*	GEOD-17 CARTEL	53	Mejía Ambríz Julio	FE-27 CARTEL	47
Martínez-Fierros Alejandro	VUL-2	149	Mejía Ambríz Julio	FE-30 CARTEL	47
Martínez Flores Guillermo	SE14-16	253	Mejía Ambríz Julio	FE-32 CARTEL	48
Martínez Gómez Elias*	SE06-61 CARTEL	186	Mejía Ambríz Julio	FE-33 CARTEL	48
Martínez Gómez Jesús Daniel*	SE11-4	226	Mejía Ambríz Julio	SE06-15	176
Martínez González Iván Raúl*	GEOQP-8 CARTEL	87	Mejía Pérez José Alfredo	CCA-49 CARTEL	25
Martínez Herrera Yael Dacil*	CS-27 CARTEL	14	Mejía Pérez José Alfredo	VUL-23 CARTEL	154
Martínez Isela	SE12-5	232	Mejía Trejo Adán	OCC-23	104
Martínez Juan	SE15-4	258	Mejía Trejo Adán	OCE-1	111
Martínez López Benjamín*	CCA-10	17	Mejía Trejo Adán	OCE-2	111
Martínez López Benjamín	CCA-36 CARTEL	22	Melgarejo Morales Angela*	GEOD-6	51
Martínez López Benjamín	OCE-37 CARTEL	118	Meling López Alf	SE10-14 CARTEL	223
Martínez López Benjamín	SE04-2	168	Méndez-Barroso Luis Arturo	MSG-25 CARTEL	98
Martínez López Benjamín*	SE04-3	168	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE06-64 CARTEL	187
Martínez López Benjamín	SE04-4	168	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE10-8	221
Martínez López Benjamín	SE20-12	279	Méndez-Barroso Luis Arturo*	SE10-9	222
Martínez López Benjamín	SE20-13	279	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE10-15 CARTEL	223
Martínez López Benjamín	SE20-14	279	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE10-18 CARTEL	224
Martínez López Benjamín	SE20-36 CARTEL	284	Méndez Bedolla Víctor Hugo*	FE-16	45
Martínez López Benjamín	SE20-37 CARTEL	284	Méndez Bedolla Víctor Hugo	FE-24	46
Martínez López Rosario*	SIS-6	141	Méndez Delgado Sóstenes*	EG-23	33
Martínez Marco Antonio	RN-26 CARTEL	131	Méndez Delgado Sóstenes	EG-58 CARTEL	39
Martínez Martínez Dafne Guadalupe	SE06-42 CARTEL	182	Méndez Delgado Sóstenes	GET-4	66
Martínez Martínez Dafne Guadalupe	SE06-44 CARTEL	182	Méndez Delgado Sóstenes	RN-20 CARTEL	130
Martínez Martínez Mayra Dolores*	OCC-14	103	Méndez Delgado Sóstenes	RN-23 CARTEL	131
Martínez Melgarejo Ana Elena*	CCA-14	18	Méndez Estrada Karla Margarita	SE06-52 CARTEL	184
Martínez Mendoza Amayrani	GGA-7	76	Méndez Estrada Karla Margarita*	SE06-54 CARTEL	184
Martínez-Mendoza Leonardo José	GGA-1	75	Méndez Estrada Karla Margarita	SE06-55 CARTEL	185
Martínez Miguel	SE13-15	238	Méndez Héctor*	SE20-27 CARTEL	282
Martínez Mirón Yleana Claudia	CCA-49 CARTEL	25	Méndez Ignacio	SIS-2	140
Martínez Mirón Yleana Claudia	VUL-23 CARTEL	154	Méndez Pérez Juan Matías	SE04-1	168
Martínez Osuna Juan Francisco	SE15-3	258	Méndez Pérez Juan Matías*	SE04-7	169
Martínez Osuna Juan Francisco	SE15-10 CARTEL	260	Méndez Sánchez Edgar	GEOD-4	50
Martínez Osuna Juan Francisco*	SE15-22 CARTEL	262	Méndez Turrubiates Raúl Fernando*	SE04-15	170
Martínez Quintana Raul Alejandro*	GEOQP-15 CARTEL	89	Mendiola Pimentel Luis Alberto*	SE08-12	199
Martínez Retama Silvia	EG-6	29	Mendoza Abraham*	GEOQP-20 CARTEL	91
Martínez Rodríguez Edgar*	VUL-9 CARTEL	151	Mendoza Borunda Ramón*	GEOPAL-2	81
Martínez Rodríguez Lucio	SE06-76 CARTEL	189	Mendoza Carlos	SIS-6	141
Martínez Sarai	SE01-4	156	Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SE11-9	227
Martínez Sergio	SE12-1	232	Mendoza E. Tonatiuh	OCC-5	101
Martínez-Serrano Raymundo Gerardo*	GEOQP-2	86	Mendoza E. Tonatiuh	OCC-9	102
Martínez-Serrano Raymundo Gerardo	GEOQP-8 CARTEL	87	Mendoza E. Tonatiuh*	OCC-12	102
Martínez-Serrano Raymundo Gerardo	GEOQP-10 CARTEL	88	Mendoza E. Tonatiuh	SE14-13	252
Martínez Téllez Berenice*	SE06-62 CARTEL	186	Mendoza E. Tonatiuh	SE14-14	252
Martínez Valdés Judith Ivonne*	RN-30 CARTEL	132	Mendoza E. Tonatiuh	SE20-25 CARTEL	282
Martínez Yrizar Diana	AR-10 CARTEL	3	Mendoza Espinosa Leopoldo	GEOH-4	55
Maslo Aljaz*	SE13-8	237	Mendoza Hernández Juana María	SE06-38 CARTEL	181
Maslo Aljaz	SE13-31	242	Mendoza Lavaniegas Vladimir	SE08-44 CARTEL	207
Mastache Román Edgar Agustín*	SE08-16	200	Mendoza Luis	SE14-10	252
Mata Castillo Cecilia*	GET-12	68	Mendoza Maravillas Alejandro	OCE-38 CARTEL	118
Mata Castillo Cecilia	SE08-9	199	Mendoza-Ortega Mario Iván*	SE17-10 CARTEL	270
Mata Castillo Cecilia	SE08-62 CARTEL	212	Mendoza Ponce Avith*	SE02-3	160
Mata-Chávez María Jesús	SE07-14 CARTEL	194	Mendoza Ponce Avith	SE02-10	162
Mata Saavedra Dante*	OCE-38 CARTEL	118	Mendoza Ponce Avith	SE02-18 CARTEL	163
Matamoro Efren*	SE06-29	179	Mendoza Rocio*	MSG-6	94
Mateos Efraín	CCA-17	19	Mendoza Romero Gustavo	SE01-6	156
Mateos Efraín*	OCC-32	106	Mendoza-Rosas Ana Teresa	SE06-26	178
Matías Pérez Víctor	GEOH-18 CARTEL	59	Menta Agustín	MSG-19 CARTEL	96
Matías Pérez Víctor*	GP-3	62	Meraz Jiménez Antonio de Jesús	SE20-26 CARTEL	282
Matías Pérez Víctor	GGA-18 CARTEL	79	Mercado Laura	RN-26 CARTEL	131
Mayer Sergio*	SIS-17 CARTEL	143	Mercado-Santana José Alfredo*	OCE-33 CARTEL	117
McClung de Tapia Emily	AR-2	2	Merino Agustín	CS-19 CARTEL	12
McClung de Tapia Emily*	AR-10 CARTEL	3	Merinos Eduardo	SE14-28 CARTEL	255
McClung de Tapia Emily	AR-12 CARTEL	4	Mesino Hernandez Juan Carlos*	GEOQP-4	86
McClung de Tapia Emily	CS-16 CARTEL	11	Metcalfe Sarah	SE02-17 CARTEL	163
McDonnell Julianna	SE14-28 CARTEL	255	Meunier Thomas	OCE-16	114
McEntee Christine*	SE22-6	289	Meunier Thomas	SE13-2	236
Medellín Mayoral Gabriela	OCC-9	102	Meunier Thomas	SE13-19	239
Medellín Mayoral Gabriela	OCC-12	102	Mexia Durán Kevin	SE07-10 CARTEL	193
Medellín Mayoral Gabriela	SE20-25 CARTEL	282	Meza Carreto Jaime*	CCA-50 CARTEL	25
Medina Barrera Francisco	GET-2	66	Meza Carreto Jaime	SE13-36	243
Medina Barrera Francisco	RN-18 CARTEL	129	Meza-García Vianey	GET-27 CARTEL	72
Medina Romero Erik*	GGA-14 CARTEL	78	Meza Israel	VUL-14 CARTEL	152
Medrano Jaimes Hernan Favio	SE13-47 CARTEL	245	Meza Landero Hiram Abif*	SE06-39 CARTEL	181
Medrano Jaimes Hernan Favio*	SE15-7	259	Meza-Padilla José Rafael	OCC-27	105
Meillón Octavio	GEOPAL-2	81	Meza-Padilla José Rafael	OCC-29	106
Meillón Octavio	SE14-19	253	Meza-Padilla José Rafael	OCC-38 CARTEL	108
Meillón Octavio*	SE14-24	254	Meza-Padilla José Rafael	SE13-24	241
Meillón Octavio	SE14-28 CARTEL	255	Meza-Padilla José Rafael*	SE13-26	241
Mejía Ambríz Julio	FE-9	44	Michán Aguirre Layla	SE08-63 CARTEL	212
Mejía Ambríz Julio	FE-12	44	Michán Aguirre Layla	SE15-8	259
Mejía Ambríz Julio*	FE-13	44	Milanes Miriam*	RN-3	126

Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-3	50	Moraila Valenzuela Carlos Ramon	GEOD-16 CARTEL	53
Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-6	51	Morales Acoltzi Tomás*	SE09-6	217
Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-17 CARTEL	53	Morales Acoltzi Tomás*	SE20-19	280
Millán Malo Beatriz Marcela*	AR-18 CARTEL	5	Morales Acoltzi Tomás*	SE20-23 CARTEL	281
Millán Motolinía María del Carmen	SE15-6	259	Morales Arredondo José Iván*	GEOH-10 CARTEL	57
Millán Motolinía María del Carmen*	SE15-11 CARTEL	260	Morales Arredondo José Iván	GEOH-11 CARTEL	57
Millán Motolinía María del Carmen	SE15-13 CARTEL	260	Morales Arredondo José Iván	GGA-17 CARTEL	78
Millán Motolinía María del Carmen	SE15-19 CARTEL	261	Morales Bárcenas José Héctor*	MSG-10	95
Millán-Núñez Roberto	OCE-33 CARTEL	117	Morales Bringas Juventino*	GET-7	67
Mínjarez Sosa Carlos	SE20-4	277	Morales Casique Eric	GEOH-2	55
Mirabal Gómez Uriel*	SE13-12	238	Morales Casique Eric*	GEOH-7	56
Mirabal-Gómez Uriel	SE13-13	238	Morales Casique Eric	GEOH-12 CARTEL	57
Miranda-Avilés Raúl	GEOH-14 CARTEL	57	Morales Casique Eric	GEOH-19 CARTEL	59
Miranda-Avilés Raúl	GGA-5	76	Morales Casique Eric	MSG-3	93
Miranda-Avilés Raúl*	SED-15 CARTEL	137	Morales Casique Eric	SE01-4	156
Miranda-Avilés Raúl	VUL-5	149	Morales-Contreras Juan Julio	GEOPAL-7	82
Miranda-Calixto Arturo	CS-24 CARTEL	13	Morales Felipe	SE03-2	165
Miranda-Calixto Arturo*	CS-26 CARTEL	14	Morales García Ma. Rosario	SE12-11 CARTEL	234
Miranda Carlos	FE-12	44	Morales Horacio*	SE16-4	265
Miranda Luis E.	OCE-1	111	Morales Juan	AR-3	2
Miranda Madrigal Paula	SE20-26 CARTEL	282	Morales Juan*	GEOPAL-8	82
Miranda Román Mayra	CS-2	8	Morales Manilla Luis Miguel	SE14-25 CARTEL	255
Miranda Salcido Carlos Humberto	FE-10	44	Morales Manilla Luis Miguel	SE14-26 CARTEL	255
Miranda Salcido Carlos Humberto*	FE-19	45	Morales Manilla Luis Miguel	SE14-27 CARTEL	255
Mireles Arellano Fernando	GGA-7	76	Morales Vargas Marco Antonio	EG-38 CARTEL	36
Mireles Arellano Fernando*	MSG-17 CARTEL	96	Morales Velázquez Mirce Ivón*	MSG-9	94
Mireles Arellano Fernando*	SE09-1	216	Morales Vital José Javier	SE14-28 CARTEL	255
Mireles-Loera Omar	OCE-12	113	Moran-Ramírez Janete	GEOH-9 CARTEL	56
Miron Philippe*	SE13-6	236	Morel Stéphane	SE08-29	204
Moeller-Chávez Gabriela E.	GGA-1	75	Moreno Chávez Gamaliel	VUL-13 CARTEL	152
Moguel Ordoñez Yolanda	CCA-48 CARTEL	25	Moreno Chávez Gamaliel	SE14-29 CARTEL	256
Molina Alexia	GGA-15 CARTEL	78	Moreno Erika Jessenia*	MSG-18 CARTEL	96
Molina Alfonso	SE15-5	259	Moreno Jonathan	VUL-15 CARTEL	152
Molina Avila Israel	EG-51 CARTEL	38	Moreno Rodríguez Neith*	SE06-73 CARTEL	189
Molina Espinoza Lázaro	GEOH-18 CARTEL	59	Morgan Luke R.	GGA-16 CARTEL	78
Molina Espinoza Lázaro	GP-3	62	Mori Laura*	SE11-6	226
Molina Espinoza Lázaro	GGA-18 CARTEL	79	Morón Cruz Alberto	CS-7	9
Molina Garza Roberto S.	EG-15	31	Morón Cruz Alberto	CS-8	9
Molina Garza Roberto S.	GEOPAL-1	81	Morón Cruz Alberto*	CS-18 CARTEL	12
Molina Garza Roberto S.	GEOPAL-13 CARTEL	83	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	GET-18 CARTEL	70
Molina Garza Roberto S.	SE07-16 CARTEL	195	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SIS-9	141
Molina Morales Mayra	CS-24 CARTEL	13	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SE07-11 CARTEL	193
Molina Morales Mayra	CS-26 CARTEL	14	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SE15-6	259
Molina Paola*	SE11-12	228	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SE15-11 CARTEL	260
Molina Paola*	SE11-20 CARTEL	230	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SE15-12 CARTEL	260
Molina de Artola Balam*	EG-54 CARTEL	39	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.	SE15-13 CARTEL	260
Mondragón Ignacio Eduardo	CS-9 CARTEL	10	Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.*	SE15-19 CARTEL	261
Mones Cepeda Angélica	RN-21 CARTEL	130	Morton-Bermea Ofelia*	SE12-4	232
Monjardín Quevedo Jesus Guadalupe	GEOD-8	51	Moulin Aimie*	SE13-33	242
Monroy Cruz Viridiana*	SE06-33 CARTEL	180	Moulin Aimie	SE13-34	242
Monroy Cruz Viridiana	SE06-34 CARTEL	180	Mundo Molina Martín Dagoberto	CCA-16	18
Monroy Martínez José D.	SE09-6	217	Munguía Luis*	SIS-19 CARTEL	143
Monrreal Manzano Laura Aideé*	SE06-38 CARTEL	181	Muñiz Jáuregui Jesús Arturo	RN-1	126
Monsiváis Durón Denisse Alejandra*	GET-19 CARTEL	70	Muñiz Jáuregui Jesús Arturo	SE08-50 CARTEL	209
Monsiváis Huertero Alejandro	RN-19 CARTEL	130	Muños Salinas Esperanza	RN-3	126
Monstein Christian	FE-12	44	Muñoz-Anderson Mauricio	SE13-17	239
Montalvo Arrieta Juan Carlos	EG-27	34	Munoz Garcia Andres Mauricio*	MSG-4	93
Montero Martínez Guillermo*	SE20-2	277	Munoz Garcia Andres Mauricio*	MSG-12	95
Montero Martínez Guillermo	SE20-21	281	Murdmaa Ivar	SED-4	134
Montero Martínez Martín José	CCA-17	19	Murillo-Jiménez Janette M.	OCC-16	103
Montero Martínez Martín José	SE04-11	170	Murillo-Tovar Mario Alfonso	CCA-6	16
Montes Aréchiga Jorge Manuel*	CCA-13	18	Muthuswamy Ponniah Jonathan	SED-11 CARTEL	136
Montes Aréchiga Jorge Manuel	GEOH-23 CARTEL	60	Nájera Blas Sergio Manuel*	SE08-58 CARTEL	211
Montes Aréchiga Jorge Manuel	OCE-26 CARTEL	116	Nakano Genta*	SE03-3	165
Montes Herrera Juan Carlos*	OCC-43 CARTEL	109	Nava-Arsola Edith	CS-22 CARTEL	13
Montes Herrera Juan Carlos	SE14-28 CARTEL	255	Nava-Licona Gretel Jael	SE06-8	174
Montes Ramos Dessire*	SED-7	135	Nava-Licona Gretel Jael	SE06-70 CARTEL	188
Montes Torres Ivonne	SE13-20	240	Nava Luciano	SE15-2	258
Montes Vides Luis Alfredo	MSG-12	95	Nava Pichardo Fidencio Alejandro*	SIS-14	142
Montiel Álvarez Aideliz Marimar*	SE08-25	203	Nava Pichardo Fidencio Alejandro	SIS-35 CARTEL	146
Montiel-Vera Maribel	SE13-30	242	Nava Sánchez Enrique Hiparco	OCC-15	103
Montijo Alejandra	RN-17 CARTEL	129	Nava Sánchez Enrique Hiparco	OCC-16	103
Montoya José	SE04-12	170	Nava Sánchez Enrique Hiparco	SE14-16	253
Montoya José	SE10-3	220	Nava-de la Peña José Sebastián*	SE17-7	269
Montoya Paula	GET-22 CARTEL	71	Nava-de la Peña José Sebastián	SE17-10 CARTEL	270
Montoya Quintanar Edgar*	SIS-23 CARTEL	144	Navarrete Martínez Francisco*	GEOQP-13 CARTEL	89
Montoya Vargas Verónica*	SE08-57 CARTEL	210	Navarro Benavides José Guadalupe	SE21-1 CARTEL	286
Monzón César	CCA-33 CARTEL	22	Navarro Cansino Ana Denisse	SE14-20	253
Mora Lucy	RN-25 CARTEL	131	Navarro Castillo Mario Edgar	SE07-10 CARTEL	193
Mora Lucy	CS-16 CARTEL	11	Navarro Estrada Fernando	SE11-9	227
Moraila Valenzuela Carlos Ramon	GEOH-13 CARTEL	57	Navarro-González Rafael	SE11-12	228
Moraila Valenzuela Carlos Ramon*	GEOD-1	50	Navarro-González Rafael	SE11-20 CARTEL	230
Moraila Valenzuela Carlos Ramon	GEOD-5	51	Navarro Javier*	RN-26 CARTEL	131
Moraila Valenzuela Carlos Ramon	GEOD-14 CARTEL	52	Navarro Javier*	SE04-12	170
Moraila Valenzuela Carlos Ramon	GEOD-15 CARTEL	53	Navarro Labastida René Gabriel	OCC-37 CARTEL	107

Navarro Leon Rodrigo	GEOD-10 CARTEL	52	Ocampo Torres Francisco Javier	SE13-34	242
Navarro Leon Rodrigo*	SIS-20 CARTEL	144	Ocampo Torres Francisco Javier	SE13-35	243
Navarro Medina Abigail*	SE20-18	280	Ocampo Torres Francisco Javier	SE13-49 CARTEL	245
Navarro-Ochoa Carlos	VUL-2	149	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-3	258
Navarro Olache Luis Felipe	OCE-9	112	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-4	258
Navarro René*	SE13-60 CARTEL	248	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-10 CARTEL	260
Navas-Parejo Pilar	PALEO-1	121	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-20 CARTEL	262
Negrete Aranda Raquel	GET-7	67	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-22 CARTEL	262
Negrete David Uriel*	OCE-17	114	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-23 CARTEL	263
Negrón Mendoza Alicia	FE-1	43	Ocaña de los Santos Eric Omar	SE01-10 CARTEL	157
Nelson Steven M.	OCC-13	102	Ochoa Carlos Abraham	CCA-20	19
Neri Oliva Alejandra	SIS-11	142	Ochoa Carlos Abraham	CCA-44 CARTEL	24
Nerio Rocha Jesus*	EG-62 CARTEL	40	Ochoa Carlos Abraham	SE20-13	279
Niembro Hernández Tatiana	FE-6	43	Ochoa Carlos Abraham	SE20-14	279
Niembro Hernández Tatiana*	FE-18	45	Ochoa Carlos Abraham*	SE20-36 CARTEL	284
Nieto Baltazar Javier	EG-26	34	Ochoa Carlos Abraham*	SE20-37 CARTEL	284
Nieto-Fuentes Ricardo	GET-9	67	Ochoa Elias Jaqueline*	EG-52 CARTEL	38
Nieto Muñoz Raquel	CCA-14	18	Ochoa González Gil	SE19-9 CARTEL	273
Nieto-Oropeza Mario O.*	OCE-7	112	Ochoa José	RN-26 CARTEL	131
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	GET-9	67	Ochoa José	SE13-2	236
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	GET-11	68	Ochoa José	SE13-28	241
Nieto-Samaniego Ángel Francisco*	GET-23 CARTEL	71	Ochoa José	SE13-29	242
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	GET-24 CARTEL	71	Ochoa Jose Luis	SE13-19	239
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	GET-28 CARTEL	72	Ochoa José Luis	SE13-27	241
Nieto-Torres Amiel	RN-5	126	Ochoa Jose Luis	SE15-2	258
Nieto-Torres Amiel*	VUL-1	149	Ochoa-Martínez Carolina Andrea*	SE11-17 CARTEL	229
Nieto-Torres Amiel	VUL-8	150	Ochoa Raul	SE14-28 CARTEL	255
Nieto-Torres Amiel	SE06-8	174	Ochoa-Tinajero Luis	SE19-2	272
Nieto-Torres Amiel*	SE06-16	176	Ochoa de la Torre José Luis	OCE-14	113
Nieto-Torres Amiel	SE06-19	177	Ochoa de la Torre José Luis	OCE-16	114
Nieto-Torres Amiel	SE06-48 CARTEL	183	Ohlmann Carter	OCE-4	111
Nieto-Torres Amiel*	SE06-49 CARTEL	183	Ohlmann Carter	SE13-1	236
Nieto-Torres Amiel*	SE06-50 CARTEL	184	Ojeda Arechiga Rogelio	SE15-22 CARTEL	262
Nieto-Torres Amiel*	SE06-51 CARTEL	184	Ojeda Casillas Elena	OCC-5	101
Nieto-Torres Amiel	SE06-69 CARTEL	188	Ojeda Casillas Elena	OCC-9	102
Norini Gianluca	EG-13	31	Ojeda Casillas Elena	OCC-12	102
Norini Gianluca	SE02-15 CARTEL	163	Ojeda Castillos Elena	SE20-25 CARTEL	282
Nouguier Frédéric	SE13-35	243	Ojeda Castillo Valeria	CCA-6	16
Novelo Casanova David Alberto	RN-12	128	Ojeda Corona Victor Alfredo	GEOD-16 CARTEL	53
Novelo Casanova David Alberto	RN-13	128	Ojeda Lerma Zuleica*	SE20-10	279
Novelo Casanova David Alberto	RN-14	128	Ojeda Olivares Edwin Antonio	GEOH-16 CARTEL	58
Novelo Casanova David Alberto	RN-27 CARTEL	131	Ojeda Olivares Edwin Antonio	GEOH-21 CARTEL	59
Novelo Casanova David Alberto	RN-28 CARTEL	132	Ojeda Ramírez María del Carmen	GEOPAL-14 CARTEL	83
Novelo Casanova David Alberto	RN-31 CARTEL	132	Ojeda Rogelio	SE15-4	258
Noyola Medrano Cristina	VUL-12 CARTEL	151	Ojeda Rogelio	SE15-10 CARTEL	260
Noyola Rodríguez Mario*	MSG-22 CARTEL	97	Ojeda Rogelio*	SE15-23 CARTEL	263
Núñez Cornú Francisco Javier	EG-35 CARTEL	35	Olguin Ruíz Lorenzo	FE-24	46
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-9	141	Oliva Gutiérrez Marco Antonio*	MSG-24 CARTEL	97
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-30 CARTEL	145	Olivares Palomares Ángel Bruno*	EG-47 CARTEL	38
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-31 CARTEL	146	Olivares Palomares Ángel Bruno	EG-49 CARTEL	38
Núñez Cornú Francisco Javier	SE06-46 CARTEL	183	Olivares Palomares Ángel Bruno	EG-51 CARTEL	38
Núñez Cornú Francisco Javier	SE08-11	199	Olivares-Rodríguez Elsy*	SE13-55 CARTEL	247
Núñez Cornú Francisco Javier	SE08-14	200	Olivas-Castillo Claudia J.*	CS-25 CARTEL	13
Núñez Cornú Francisco Javier	SE08-40 CARTEL	206	Oliver Ocaño Francisco Miguel*	SE08-23	202
Núñez Cornú Francisco Javier*	SE08-51 CARTEL	209	Oliver Ocaño Francisco Miguel	SE08-35 CARTEL	205
Núñez Cornú Francisco Javier	SE08-71 CARTEL	214	Olmos Luis	SE08-54 CARTEL	210
Núñez Escribano Diana	EG-35 CARTEL	35	Olmos Luis	SE08-58 CARTEL	211
Núñez Escribano Diana	SIS-9	141	Olmos Moya Paulina	GET-11	68
Núñez Escribano Diana	SIS-30 CARTEL	145	Olmos Moya Paulina*	GET-24 CARTEL	71
Núñez Escribano Diana	SIS-31 CARTEL	146	Olvera Cortes Moises*	SE02-13 CARTEL	162
Núñez Escribano Diana	SE08-14	200	Olvera García Emmanuel	SE08-38 CARTEL	206
Núñez Escribano Diana	SE08-40 CARTEL	206	Olvera Hector	SE20-5	277
Núñez Escribano Diana	SE08-51 CARTEL	209	Olvera Prado Erik	OCC-2	100
Núñez Fernández Tihui*	SE16-6	266	Onchi Ramuco Norma Leticia*	CS-1	8
Núñez Flores Daisy Karina	SE07-10 CARTEL	193	Orcí-Fernández Luisa Fernanda*	SE10-20 CARTEL	224
Núñez Jose	SE11-1	226	Ordóñez Godínez Sara L.	SE12-4	232
Núñez Marco Antonio	MSG-6	94	Ordóñez Mayra Noemi*	SE16-7	266
Núñez Usache Fernando	GEOQP-1	86	Ordóñez Pérez Paulina	CCA-1	16
Núñez Velázquez Miriam Valeria	GEOQP-2	86	Ordóñez Pérez Paulina	CCA-14	18
Núñez Velázquez Miriam Valeria*	GEOQP-10 CARTEL	88	Ordóñez Pérez Paulina	CCA-20	19
Núñez Zarco Estrella Azalia	GGA-6	76	Ordóñez Pérez Paulina	CCA-27	20
Obeso-Nieblas Maclovio	OCC-8	101	Ordóñez Pérez Paulina	CCA-38 CARTEL	23
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCE-35 CARTEL	118	Oregel Morales Luis Alberto*	SE08-47 CARTEL	208
Obeso Valdez Ricardo Omar	SE07-10 CARTEL	193	Orozco Esquivel Teresa*	GEOQP-19 CARTEL	90
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	AR-16 CARTEL	4	Orozco Esquivel Teresa	SE07-12 CARTEL	193
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	GEOPAL-13 CARTEL	83	Orozco Esquivel Teresa	SE08-9	199
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto*	SED-2	134	Orozco Esquivel Teresa	SE08-62 CARTEL	212
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	VUL-17 CARTEL	153	Ortega Amabel	GET-14	69
Ocampo Torres Arturo Iván	OCC-25	105	Ortega-Flores Belaine	GET-25 CARTEL	71
Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-26	105	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-8	76
Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-34 CARTEL	107	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-9 CARTEL	77
Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-37 CARTEL	107	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-10 CARTEL	77
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-21	115	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-11 CARTEL	77
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-22	115	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-20 CARTEL	79
Ocampo Torres Francisco Javier	SE13-33	242	Ortega Guerrero Beatriz	GGA-21 CARTEL	79

Ortega Guerrero Marcos Adrián*	MSG-8	94	Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaell	SE19-4	272
Ortega Gutiérrez Joel Edmundo*	GEOH-11 CARTEL	57	Paredes Arriaga Alejandro*	FE-1	43
Ortega Huerta Miguel A.	SE10-12	222	Paredes Miranda Guadalupe	SE20-16	280
Ortega-Martínez Emmanuel	SED-10 CARTEL	136	Parés Sierra Alejandro	OCE-6	112
Ortega Obregón Carlos	GET-25 CARTEL	71	Parés Sierra Alejandro*	SE13-30	242
Ortega Obregón Carlos	GET-27 CARTEL	72	Parés Sierra Alejandro	SE13-32	242
Ortega Obregón Carlos	GEOQP-4	86	Parés Sierra Alejandro	SE13-45 CARTEL	245
Ortega Obregón Carlos	SED-6	135	Parés Sierra Alejandro	SE13-53 CARTEL	246
Ortega Roberto*	SIS-13	142	Parra Guevara David*	SE09-5	216
Ortega Roberto	SIS-17 CARTEL	143	Parra Guevara David*	SE09-7	217
Ortega Roberto	SIS-33 CARTEL	146	Pasquero de Fommervault Orens	SE13-22	240
Ortega Vázquez Luis Alberto*	SE06-75 CARTEL	189	Pasquero de Fommervault Orens*	SE13-50 CARTEL	246
Ortigoza González Jesús	GGA-4	75	Passalacqua Gino A.	OCC-34 CARTEL	107
Ortinez Abraham	SE20-32 CARTEL	283	Passalacqua Gino A.*	SE13-39	243
Ortiz Butrón Agustín	AR-17 CARTEL	5	Passalacqua Gino A.	SE13-40	244
Ortiz-Campos Eduardo	SE13-17	239	Pavia Ruben*	SE20-30 CARTEL	283
Ortiz Huerta Ernesto	SE15-3	258	Pavón-Carrasco Francisco Javier	GEOPAL-5	81
Ortiz Huerta Ernesto*	SE15-4	258	Paw U Kyaw Tha	SE10-12	222
Ortiz Huerta Ernesto	SE15-10 CARTEL	260	Paw U Kyaw Tha	SE20-7	278
Ortiz Huerta Ernesto	SE15-22 CARTEL	262	Payen Agustin	SE14-28 CARTEL	255
Ortiz Huerta Ernesto	SE15-23 CARTEL	263	Payen Montoya Agustin	SE14-17	253
Ortiz Martínez Marilyn*	SE01-9 CARTEL	157	Payen Montoya Agustin*	SE14-18	253
Ortiz Rodríguez Rogelio	RN-20 CARTEL	130	Paz Fernando*	SE10-13	223
Ortiz Ruiz Soledad	AR-3	2	Paz Francisco Abraham	GEOQP-20 CARTEL	91
Ortuño María	SE02-11	162	Paz-Pérez Alberto	SE08-61 CARTEL	211
Ortuño María	SE03-4	165	Pecci Alessandra	AR-17 CARTEL	5
Osmanoglu Batuhan	SE19-6	273	Pech Daniel	SE15-16 CARTEL	261
Osorio Erick	EG-19	32	Pedraza-Díaz Angélica	SE13-38	243
Osorio Erick*	GP-1	62	Pedraza-Díaz Angélica*	SE13-46 CARTEL	245
Osorio Erick*	GP-2	62	Pedraza-Díaz Lucía	SE13-38	243
Osorio Erick	GP-5	62	Pedraza-Rodríguez Valeria*	SE17-3	268
Osorio Ocampo Susana	SED-5	135	Pedrazzi Dario	VUL-6	150
Osorio Ocampo Susana	SE08-3	197	Pedrero Pérez Jorge Enrique	SE01-11 CARTEL	158
Osorio Ocampo Susana	SE08-18	201	Peiffer Loic*	VUL-3	149
Osorio-Tai María Elena	CCA-2	16	Peiffer Loic	SE08-24	202
Osorio-Tai María Elena	CCA-50 CARTEL	25	Peláez Zapata Daniel Santiago*	OCE-22	115
Osorio-Tai María Elena	CCA-51 CARTEL	25	Peña Cabrales Juan José	SE12-2	232
Osorio-Tai María Elena	GEOD-7	51	Peña Domínguez Juan Gerardo*	SE08-42 CARTEL	207
Osorio-Tai María Elena*	SE04-14	170	Peña Maciel Daniel*	SE09-9 CARTEL	217
Osorio-Tai María Elena	SE13-36	243	Peña-Méndez Malaquías	SE04-11	170
Osorio-Tai María Elena	SE13-37	243	Peña Rodríguez Alberto	AR-6	3
Osorio-Tai María Elena	SE13-38	243	Peñuñuri Guadalupe	RN-26 CARTEL	131
Osuna Pedro	OCC-34 CARTEL	107	Peralta Castro Ángel Daniel	EG-45 CARTEL	37
Osuna Pedro	OCC-37 CARTEL	107	Peralta Oscar	CCA-3	16
Osuna Pedro	OCE-21	115	Peralta Oscar	SE20-16	280
Osuna Pedro	OCE-22	115	Peralta Oscar	SE20-32 CARTEL	283
Osuna Pedro	SE13-33	242	Pereira Corona Alberto	SE16-1	265
Osuna Pedro*	SE13-34	242	Pereira Corona Alberto*	SE16-5	266
Osuna Pedro	SE13-60 CARTEL	248	Pérez Alanis Carlos Arturo	FE-13	44
Otto Peter	GGA-1	75	Pérez Alanis Carlos Arturo*	FE-21	46
Oviedo-García Angélica	SE17-3	268	Pérez Ángeles Claudia Deyanira	GEOQP-1	86
O'Reilly Suzanne Y.	GEOQP-14 CARTEL	89	Pérez Bravo Pablo Uziel	EG-41 CARTEL	36
Pacheco Adolfo	SED-1	134	Pérez Bravo Pablo Uziel	RN-21 CARTEL	130
Pacheco Aristeo	CS-4	8	Pérez Brunius Paula	SE13-8	237
Pacheco-Castro Adolfo*	PALEO-3	121	Pérez Brunius Paula	SE13-11	237
Pacheco Erick Iván	SED-5	135	Pérez Brunius Paula	SE13-14	238
Pacheco Jesús	GEOH-5	56	Pérez Brunius Paula*	SE13-25	241
Pacheco Pineda Sandra Cecilia	SE02-9	161	Pérez Brunius Paula	SE13-27	241
Pacheco Pineda Sandra Cecilia*	SE08-55 CARTEL	210	Pérez Brunius Paula	SE13-50 CARTEL	246
Pacheco Valdovinos Pedro Martín	RN-2	126	Pérez Brunius Paula	SE13-54 CARTEL	247
Padilla Lafarga Andrea Alejandra*	SE08-11	199	Pérez Brunius Paula	SE13-56 CARTEL	247
Paez Orozco Paolo Gabriel	GP-8	63	Pérez Burguez Mara Yavari	OCE-27 CARTEL	116
Palacios García Norma Betania	GEOPAL-3	81	Pérez Burguez Mara Yavari	OCE-34 CARTEL	118
Palacios Hernández Emilio	OCE-26 CARTEL	116	Pérez Burguez Mara Yavari*	SED-11 CARTEL	136
Paladio Hernández Alejandro*	OCC-17	103	Pérez Calderón Daniel A.	EG-54 CARTEL	39
Palafox Duarte Jesús G.	PALEO-1	121	Pérez Calderón Daniel A.	GET-18 CARTEL	70
Palafox Duarte Jesús G.	PALEO-14 CARTEL	123	Pérez Calderón Daniel A.	SE07-11 CARTEL	193
Palafox-Reyes Juan J.	PALEO-1	121	Pérez Calderón Daniel A.	SE15-19 CARTEL	261
Palafox-Reyes Juan J.	PALEO-14 CARTEL	123	Pérez-Campos Xyoli	SIS-7	141
Palladino Danilo	VUL-4	149	Pérez-Campos Xyoli	SIS-8	141
Pallàs Sanz Enric	OCE-4	111	Pérez-Campos Xyoli	SIS-10	142
Pallàs Sanz Enric	OCE-16	114	Pérez-Campos Xyoli	SIS-23 CARTEL	144
Pallàs Sanz Enric	SE13-1	236	Pérez-Campos Xyoli	SE06-3	173
Pallàs Sanz Enric	SE13-2	236	Pérez-Campos Xyoli*	SE06-23	177
Pallàs Sanz Enric*	SE13-19	239	Pérez-Campos Xyoli	SE11-2	226
Pallàs Sanz Enric	SE13-27	241	Pérez-Campos Xyoli	SE11-9	227
Palomares Rocha Luis Gerardo*	GP-11 CARTEL	64	Pérez Enríquez Roman	FE-6	43
Palomo Euán Aarón Ricardo*	SE06-9	174	Pérez Enríquez Roman*	FE-7	43
Pando-Caro Gemma Y	SE17-10 CARTEL	270	Pérez Enríquez Roman	FE-17	45
Paniagua Paniagua Felipe	SE06-42 CARTEL	182	Pérez Enríquez Roman	GEOD-6	51
Pantoja Diego Armando*	OCE-10	113	Pérez Flores Marco Antonio	EG-34 CARTEL	35
Pantoja Diego Armando	OCE-12	113	Pérez Flores Marco Antonio*	EG-45 CARTEL	37
Pantoja Diego Armando	RN-25 CARTEL	131	Pérez Flores Marco Antonio	GEOH-4	55
Pardo Miriam I.	CCA-13	18	Pérez Flores Marco Antonio	MSG-14	95
Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaell*	SE14-7	251	Pérez Flores Marco Antonio	SE08-6	198

Pérez Flores Marco Antonio	SE08-23	202	Ponce Ayala Juan Carlos*	SIS-31 CARTEL	146
Pérez Flores Marco Antonio	SE08-52 CARTEL	209	Ponce Núñez Francisco	GET-18 CARTEL	70
Pérez Flores Marco Antonio	SE19-2	272	Ponce Núñez Francisco	SE07-11 CARTEL	193
Pérez García Ismael	CCA-40 CARTEL	23	Ponce Núñez Francisco	SE15-11 CARTEL	260
Pérez González Elizabeth Andromeda*	GET-18 CARTEL	70	Ponce Núñez Francisco	SE15-19 CARTEL	261
Pérez González Elizabeth Andromeda	SE15-6	259	Ponce Pacheco Ana Bertha*	RN-12	128
Pérez González Elizabeth Andromeda	SE15-12 CARTEL	260	Pool Chi María del Rosario	SE20-9	278
Pérez Gutiérrez Rosalva	SE14-7	251	Portela Esther	OCE-16	114
Pérez Gutiérrez Rosalva*	SE19-4	272	Portela Esther	SE13-2	236
Pérez Ismael*	SE09-3	216	Portela Esther	SE13-19	239
Pérez León Enrique	FE-24	46	Portner Ryan	GET-15	69
Pérez Lino	GEOQP-1	86	Prasanajit Naik Sambit	SE02-10	162
Pérez Llanas José Alfredo	SE21-2 CARTEL	286	Prasanajit Naik Sambit*	SE02-18 CARTEL	163
Pérez López Raúl	SE02-3	160	Proenza Joaquín A.	GEOQP-14 CARTEL	89
Pérez Martínez Ana Laura	SE11-7	227	Prol Ledesma Rosa María	EG-1	28
Pérez-Martínez Isabel	GGA-16 CARTEL	78	Prol Ledesma Rosa María	SE08-13	200
Pérez Martínez Patricia*	AR-9 CARTEL	3	Prol Ledesma Rosa María	SE08-22	202
Pérez Morga Nancy	CCA-29	21	Prol Ledesma Rosa María	SE08-34 CARTEL	205
Pérez Morga Nancy	GGA-19 CARTEL	79	Prol Ledesma Rosa María	SE08-39 CARTEL	206
Pérez Romero Elliot	GEOPAL-3	81	Prol Ledesma Rosa María	SE08-56 CARTEL	210
Pérez Ruiz Elí Rafael*	SE10-16 CARTEL	223	Prol Ledesma Rosa María	SE08-57 CARTEL	210
Pérez Ruiz Elí Rafael	SE20-4	277	Prytulak Julie	VUL-10 CARTEL	151
Pérez Ruiz Elí Rafael	SE20-5	277	Puch-García Erika María*	SE19-12 CARTEL	274
Pérez Santana Jesús Antonio	SE11-9	227	Puente Montejano Cesar Augusto	SE14-29 CARTEL	256
Pérez Segura Efrén	EG-6	29	Putzeys Sebastian	SE15-16 CARTEL	261
Pérez Tijerina Eduardo	FE-24	46	Puy Alquiza María Jesús	GEOH-14 CARTEL	57
Pérez Tijerina Eduardo	FE-27 CARTEL	47	Puy Alquiza María Jesús	GGA-5	76
Pérez Tijerina Eduardo	FE-28 CARTEL	47	Puy Alquiza María Jesús	SED-15 CARTEL	137
Pérez-Valdovinos Omar	SE08-66 CARTEL	213	Pyc Cynthia	EG-31	35
Pérez-Venzor José Antonio	CS-3	8	Quesada Avendaño Mauricio	SE10-12	222
Pérez-Venzor José Antonio	GEOQP-11 CARTEL	88	Quijano Manzanilla Alvaro*	SE14-13	252
Pérez-Venzor José Antonio	SED-3	134	Quijano del Olmo Sandra Laura*	OCE-28 CARTEL	116
Pérez-Venzor José Antonio	SED-16 CARTEL	138	Quinn Cervantes Luis D.	OCC-26	105
Pérez-Venzor José Antonio	SED-17 CARTEL	138	Quintana Rodríguez Nivian*	GEOH-23 CARTEL	60
Pérez-Venzor José Antonio	VUL-11 CARTEL	151	Quintanar Arturo	CCA-20	19
Pérez-Venzor José Antonio	VUL-16 CARTEL	152	Quintanar Arturo	CCA-44 CARTEL	24
Pérez-Venzor José Antonio	SE06-41 CARTEL	181	Quintanar Arturo	SE20-13	279
Pérez-Venzor José Antonio*	SE07-1	191	Quintanar Arturo	SE20-14	279
Pérez-Venzor José Antonio	SE11-11	228	Quintanar Arturo	SE20-36 CARTEL	284
Pérez Venzor Juan de Dios	SE17-8	269	Quintanar Arturo	SE20-37 CARTEL	284
Pérez Zárate Daniel	GGA-2	75	Quintanar Luis	SIS-8	141
Pérez Zárate Daniel	GGA-13 CARTEL	77	Quintanar Luis	SIS-25 CARTEL	145
Pérez Zárate Daniel	GEOQP-12 CARTEL	89	Quintanar Luis	SE02-6	161
Pérez Zárate Daniel*	SE08-13	200	Quintanar Luis	SE02-7	161
Pérez Zárate Daniel	SE08-22	202	Quintanilla Terminel José Gerardo	OCE-3	111
Pérez Zárate Daniel	SE08-34 CARTEL	205	Quintanilla Terminel José Gerardo*	SE13-18	239
Pérez de los Cobos M. Clara de Lacy	GEOD-5	51	Quintanilla Terminel José Gerardo	SE13-43 CARTEL	244
Perrin Mireille	GEOPAL-9 CARTEL	82	Quintero-Gradilla Shatya	CS-19 CARTEL	12
Perton Mathieu	EG-28	34	Quintero Vallejo Edson Yael*	SE10-21 CARTEL	224
Petrone Chiara María	VUL-10 CARTEL	151	Quintero Vallejo Edson Yael*	SE20-24 CARTEL	281
Pichardo Barrón Yolanda	PALEO-13 CARTEL	123	Quinteros Cartaya Claudia Beatriz*	SE08-21	202
Pierard Manzano Claudio Marcelo	SE20-14	279	Quinto Suarez Mirsha	EG-59 CARTEL	40
Pierard Manzano Claudio Marcelo	SE20-38 CARTEL	284	Quiroz Suarez Diego*	EG-59 CARTEL	40
Piña Flores José	EG-47 CARTEL	38	Rábago Jr. Jorge Abel	GEOQP-9 CARTEL	88
Piña González Viridiana*	GEOH-14 CARTEL	57	Radilla-Albarrán Ulises Alejandro	SED-2	134
Pinales Munguía Adán*	GEOH-1	55	Rago Thomas A.	OCE-9	112
Pineda León Roberto	CCA-51 CARTEL	25	Ramírez Adán*	CCA-39 CARTEL	23
Pineda León Roberto*	GEOD-7	51	Ramírez Alejandro	CCA-37 CARTEL	23
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE04-1	168	Ramírez Álvarez Emmanuel*	SE06-59 CARTEL	186
Pineda-Martínez Luis Felipe*	SE04-6	169	Ramírez Álvarez Emmanuel	SE06-60 CARTEL	186
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE04-7	169	Ramírez Bautista Kenia Gisselle	CS-13 CARTEL	11
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE10-4	220	Ramírez Bautista Kenia Gisselle	RN-24 CARTEL	131
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE19-12 CARTEL	274	Ramírez Cardona Marius	AR-18 CARTEL	5
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE19-13 CARTEL	274	Ramírez Castillo Adriana	SE06-49 CARTEL	183
Pineda-Martínez Luis Felipe	SE19-14 CARTEL	275	Ramírez Chávez Eduardo*	SE14-21	254
Piñeiro-Fernández José Fernando	SED-10 CARTEL	136	Ramírez Fernández Juan Alonso	VUL-9 CARTEL	151
Piñero Lajas Doris	SE15-19 CARTEL	261	Ramírez González Miguel Angel	EG-52 CARTEL	38
Pinon Gregory	OCE-7	112	Ramírez Guzmán Ángel Andrés*	RN-2	126
Pintado Patiño José Carlos*	OCC-1	100	Ramírez Guzmán Leonardo	EG-28	34
Pinto Herrera Ivonne Margarita	SED-12 CARTEL	137	Ramírez Guzmán Leonardo	EG-51 CARTEL	38
Pinto de Carvalho Laís*	SE03-1	165	Ramírez Guzmán Leonardo	SE06-62 CARTEL	186
Pinto de Carvalho Laís	SE03-2	165	Ramírez Guzmán Leonardo	SE06-63 CARTEL	186
Pita de la Paz Carlos	EG-8	29	Ramírez Hernández Lucio Nicandro*	OCC-30	106
Pita de la Paz Carlos	EG-24	33	Ramírez Herrera María Teresa*	SE03-4	165
Pita de la Paz Carlos*	EG-25	33	Ramírez Herrera María Teresa	SE03-5 CARTEL	165
Pita de la Paz Carlos	SE08-67 CARTEL	213	Ramírez Jose Angel	EG-40 CARTEL	36
Pivot Frédérique	GEOD-15 CARTEL	53	Ramírez López Elsa Marcela*	SE20-26 CARTEL	282
Plata Hernández Elvia	SED-3	134	Ramírez Luna Angel	GEOPAL-4	81
Plata Hernández Elvia*	SED-16 CARTEL	138	Ramírez-Manguilar Ana*	OCC-27	105
Plata-Martínez Raymundo	SIS-7	141	Ramírez-Manguilar Ana	OCC-38 CARTEL	108
Plaza-Medina Eddy	VUL-14 CARTEL	152	Ramírez Mendoza Rafael*	OCC-25	105
Plaza-Medina Eddy	SE20-30 CARTEL	283	Ramírez Montes Miguel A.	SE08-33 CARTEL	204
Pola Villaseñor Antonio	RN-2	126	Ramírez Mora Emilio Leonardo	CCA-5	16
Pola Villaseñor Antonio	SE08-3	197	Ramírez Mora Emilio Leonardo	CCA-32	22
Ponce Argumedo José Carlos	GET-1	66	Ramírez Pacheco Carlos	SE06-76 CARTEL	189

Ramírez Peña César Francisco	GET-4	66	Reyes Pimentel Thalia	SIS-11	142
Ramírez Preciado Rosa Paola*	SE15-8	259	Reygadas-Langarica Yoatzin*	GEOQP-5	87
Ramírez Ramírez Kimberly*	GEOD-14 CARTEL	52	Reyna Roxana Joycie	EG-40 CARTEL	36
Ramírez Rodríguez Azul*	AR-8	3	Reynoso Halia	SIS-14	142
Ramírez Ruíz Jesús Elihu*	SIS-25 CARTEL	145	Ribera Rodríguez Pedro	CCA-27	20
Ramírez Salamanca Gustavo Adolfo	SE07-10 CARTEL	193	Ricci Tullio	VUL-4	149
Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE14-8	251	Ríos Gabriela	CS-7	9
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	SE14-29 CARTEL	256	Ríos-Quijada Danira M.	SE10-20 CARTEL	224
Ramírez Terrones Brenda	GET-8	67	Ríos Valdovinos Edna Iris	CCA-16	18
Ramírez Vázquez Carlos Ariel	VUL-2	149	Ríos Yutsent*	EG-40 CARTEL	36
Ramírez Vázquez Maricruz*	GEOH-2	55	Rivas Ortiz Jorge F.*	GGA-9 CARTEL	77
Ramírez Zerpa Nestor Ali*	GET-17 CARTEL	70	Rivas Ortiz Jorge F.*	GGA-10 CARTEL	77
Ramón Avellán Denis	SE08-18	201	Rivera Cardenas Claudia	SE20-10	279
Ramón Morales Elvia	GEOD-13 CARTEL	52	Rivera Cardenas Claudia	SE20-22	281
Ramón Víctor Manuel*	SE15-6	259	Rivera-Díaz Miguel A.	CS-25 CARTEL	13
Ramón Víctor Manuel	SE15-11 CARTEL	260	Rivera Hernández Olivia	SE20-20	281
Ramón Víctor Manuel	SE15-13 CARTEL	260	Rivera Huerta Hiram	RN-22 CARTEL	130
Ramón Víctor Manuel	SE15-19 CARTEL	261	Rivera Lemus Erick Rafael	OCC-25	105
Ramos Armenta Abraham*	SE07-13 CARTEL	194	Rivera Lemus Erick Rafael	SE15-3	258
Ramos Avila Valente*	SE08-20	201	Rivera López Ana Leonor	CCA-1	16
Ramos Evelyn*	SE02-6	161	Rivera López Ana Leonor	FE-1	43
Ramos García Genesis Arely*	GET-30 CARTEL	73	Rivera María Yazmin*	CS-5	9
Ramos Genis María Elena	SED-15 CARTEL	137	Rivera Martínez Saulo*	CCA-51 CARTEL	25
Ramos Jiménez Esteban*	SE06-37 CARTEL	180	Rivera Muñoz Eric Mauricio	AR-18 CARTEL	5
Ramos-Leal José Alfredo*	GEOH-9 CARTEL	56	Rivera Peñuñuti Arely	RN-17 CARTEL	129
Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-17 CARTEL	58	Rivera Villa Héctor Mario*	OCC-35 CARTEL	107
Ramos-Leal José Alfredo	SE14-6	251	Robles Agustín	SE10-11	222
Ramos-Leal José Alfredo	SE14-9	252	Robles Braulio	SIS-20 CARTEL	144
Ramos Rodríguez Alejandro	OCE-8	112	Robles Camacho Javier	OCC-3	100
Ramos Rodríguez José Alejandro*	CCA-42 CARTEL	24	Robles Flores Javier	SE13-15	238
Ramos Rodríguez José Alejandro*	OCE-11	113	Robles Garza Sergio Alberto*	SE06-18	176
Ramos Rosique Aldo	GET-12	68	Robles Irma	SE12-9 CARTEL	233
Ramos-Velázquez Ernesto	SE07-14 CARTEL	194	Robles Irma*	SE12-10 CARTEL	234
Raper Kirk	SE14-28 CARTEL	255	Robles Juan Carlos*	GEOD-9 CARTEL	51
Rasclé Nicolas G.*	SE13-35	243	Robles Mendoza Alejandra	EG-28	34
Rascon Colica Almendra*	CS-10 CARTEL	10	Robles Mendoza Alejandra	SE06-60 CARTEL	186
Raygosa Ruben*	SE15-14 CARTEL	261	Robles Morúa Agustín	GEOH-13 CARTEL	57
Raygosa Ruben*	SE15-15 CARTEL	261	Robles Morúa Agustín	MSG-25 CARTEL	98
Raygosa Ruben*	SE15-16 CARTEL	261	Robles Morúa Agustín	RN-26 CARTEL	131
Raygosa Ruben*	SE15-17 CARTEL	261	Robles Morúa Agustín	SE04-12	170
Real Pérez Jorge Arturo*	SIS-24 CARTEL	144	Robles Morúa Agustín	SE06-64 CARTEL	187
Real Pérez Jorge Arturo	SE15-19 CARTEL	261	Robles Morúa Agustín	SE10-15 CARTEL	223
Reátegui Walter	SE07-16 CARTEL	195	Robles Morúa Agustín	SE10-16 CARTEL	223
Rebolledo Vieyra Mario	SE16-6	266	Robles Morúa Agustín	SE11-16	229
Reginfo Walter M.	SE08-51 CARTEL	209	Robles Morúa Agustín	SE20-4	277
Regnier Stephane	FE-5	43	Robles Zazueta Carlos A.	SE10-14 CARTEL	223
Rendón González Jesús Rolando*	EG-37 CARTEL	36	Rocha Carrillo José Alberto*	EG-19	32
Rendón-Hernández Cristian*	CS-13 CARTEL	11	Rochín Heriberto	OCE-27 CARTEL	116
Rendón-Hernández Cristian	RN-24 CARTEL	131	Rockwell Thomas K.	SE03-7 CARTEL	166
Reséndiz Núñez Daniel	GEOD-4	50	Rodríguez Arevalo Kenia Esmeralda*	MSG-23 CARTEL	97
Ressl Rainer	SE13-51 CARTEL	246	Rodríguez-Bustos Laura	CS-22 CARTEL	13
Retama Armando*	SE20-20	281	Rodríguez Cardozo Felix Rodrigo*	SIS-12	142
Retama Armando	SE20-22	281	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	GEOQP-1	86
Retama Armando	SE20-30 CARTEL	283	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE08-22	202
Reyes Agustin Gabriela	SE08-3	197	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE08-34 CARTEL	205
Reyes Carreño Oscar Eliel	SE14-21	254	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE08-56 CARTEL	210
Reyes Corona Ismerai Yazmin*	GGA-21 CARTEL	79	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE21-1 CARTEL	286
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso*	SE17-1	268	Rodríguez Fernández Laura	EG-43 CARTEL	37
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-2	268	Rodríguez Francisco Javier	CCA-12	18
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-3	268	Rodríguez-Gamiño María de Lourdes	CS-26 CARTEL	14
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-5	269	Rodríguez-González Baudelio	SE04-6	169
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-6	269	Rodríguez-González Baudelio	SE19-12 CARTEL	274
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-7	269	Rodríguez-González Baudelio	SE19-13 CARTEL	274
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-8	269	Rodríguez-González Baudelio	SE19-14 CARTEL	275
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-9 CARTEL	270	Rodríguez Gutiérrez Luis	SE06-38 CARTEL	181
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE17-10 CARTEL	270	Rodríguez Hernández Jesús Alfredo*	GEOQP-9 CARTEL	88
Reyes-Dávila Gabriel	VUL-2	149	Rodríguez José Luis*	GET-14	69
Reyes Escojido José Juan*	SE14-1	250	Rodríguez Julio César	SE10-3	220
Reyes Escojido José Juan*	SE14-2	250	Rodríguez Julio César	SE10-11	222
Reyes Galvez Cesar Alejandro	OCE-27 CARTEL	116	Rodríguez Julio César*	SE10-14 CARTEL	223
Reyes Galvez Cesar Alejandro*	OCE-34 CARTEL	118	Rodríguez Julio César	SE10-16 CARTEL	223
Reyes García Ana Belem	SE06-4	173	Rodríguez Julio César	SE10-20 CARTEL	224
Reyes Hernández Cristobal	OCC-19	104	Rodríguez Julio César	SE20-4	277
Reyes Hernández Cristobal*	OCE-13	113	Rodríguez Marlene	AR-7	3
Reyes Hernández Omar*	CS-24 CARTEL	13	Rodríguez-Martínez Mario	FE-14	45
Reyes Hernández Omar	CS-26 CARTEL	14	Rodríguez-Martínez Mario	FE-15	45
Reyes Herrera Ezequiel Alejandro	OCC-8	101	Rodríguez-Martínez Mario	FE-16	45
Reyes Herrera Ezequiel Alejandro	SE11-14	229	Rodríguez-Martínez Mario*	FE-24	46
Reyes Marín Pedro Alberto	FE-13	44	Rodríguez-Martínez Mario	FE-27 CARTEL	47
Reyes Marín Pedro Alberto	FE-24	46	Rodríguez Martínez Mario	SE11-1	226
Reyes Marín Pedro Alberto*	FE-27 CARTEL	47	Rodríguez Miguel	EG-33 CARTEL	35
Reyes Martínez Carlos Simon*	EG-27	34	Rodríguez Miguel	EG-40 CARTEL	36
Reyes Montoya Dulce Raquel*	PALEO-1	121	Rodríguez Miguel	EG-42 CARTEL	37
Reyes Montoya Dulce Raquel*	PALEO-14 CARTEL	123	Rodríguez Mónica	CS-16 CARTEL	11
Reyes-Ortega Valeria	SE08-43 CARTEL	207	Rodríguez Mónica	SE01-4	156

Rodríguez Olivia	CCA-12	18	Ruiz-Angulo Angel	SE13-19	239
Rodríguez Outerelo Javier	SE13-11	237	Ruiz-Angulo Angel	SE13-23	240
Rodríguez Outerelo Javier	SE13-25	241	Ruiz-Angulo Angel	SE13-24	241
Rodríguez Outerelo Javier*	SE13-56 CARTEL	247	Ruiz-Angulo Angel	SE15-2	258
Rodríguez Padilla Isaac	OCE-23	115	Ruiz-Angulo Angel	SE20-13	279
Rodríguez Padilla Isaac	SE15-5	259	Ruiz-Angulo Angel*	SE20-14	279
Rodríguez-Parra Luis Alejandro*	GEOPAL-1	81	Ruiz-Angulo Angel	SE20-36 CARTEL	284
Rodríguez Pérez Quetzalcóatl	SE02-1	160	Ruiz-Angulo Angel	SE20-37 CARTEL	284
Rodríguez Pérez Quetzalcóatl*	SE02-2	160	Ruiz-Angulo Angel	SE20-38 CARTEL	284
Rodríguez Pérez Quetzalcóatl	SE02-12	162	Ruiz Arriaga Daniel*	GET-26 CARTEL	72
Rodríguez Ramos Monserrat*	SE11-13	228	Ruiz Barajas Sandra*	SIS-15	143
Rodríguez Rodríguez Rosario Adriana*	GEOPAL-13 CARTEL	83	Ruiz Cantu Sahid Abdel*	GET-2	66
Rodríguez-Sedano Luis Angel	VUL-13 CARTEL	152	Ruiz Daniel	SIS-1	140
Rodríguez Trejo Alejandro*	GEOPAL-9 CARTEL	82	Ruiz Euclides	SIS-2	140
Rodríguez Vega Antonio	GEOQP-9 CARTEL	88	Ruiz-Fernández Ana Carolina	SE03-4	165
Rodríguez Vera Geidy*	CCA-21	19	Ruiz Gerardo	SE20-16	280
Rojas Beltrán Marco Antonio	SED-9 CARTEL	136	Ruiz Ortiz Pablo Alejandro*	SE06-28	178
Rojas Beltrán Marco Antonio	SED-10 CARTEL	136	Ruiz-Rojas María del Mar	CS-19 CARTEL	12
Rojas Beltrán Marco Antonio	SE21-2 CARTEL	286	Ruiz Salcines Pablo	OCC-27	105
Rojas Cardenas Jesús Alberto*	EG-29	34	Ruiz Salcines Pablo*	OCC-31	106
Rojas González Ramón Isaac	SE15-5	259	Ruiz Salcines Pablo	OCC-38 CARTEL	108
Rojas Hernández Rodrigo	EG-40 CARTEL	36	Ruiz Tellez Rodolfo	SE08-66 CARTEL	213
Rojas Hernández Rodrigo	EG-42 CARTEL	37	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCC-10	102
Rojas-Robles Nidia	CS-6	9	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia*	OCC-11	102
Rojas-Robles Nidia*	SE10-15 CARTEL	223	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCC-14	103
Rojas Silva Germán	SE13-55 CARTEL	247	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCC-20	104
Rojas Silva Germán*	SE14-16	253	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCC-24	105
Rojas-Vázquez Maricela	SE06-16	176	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCC-40 CARTEL	108
Roldán Jaime	GET-14	69	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCE-19	114
Román Fernández Beatriz*	SE08-33 CARTEL	204	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia	OCE-36 CARTEL	118
Romero Andrade Rosendo	GEOD-14 CARTEL	52	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia*	SE14-15	253
Romero Arteaga Angélica María*	OCC-20	104	Ruvalcaba García Alejandro*	CCA-43 CARTEL	24
Romero Arteaga Angélica María	OCE-19	114	Ruvalcaba Sil José Luis	AR-19 CARTEL	5
Romero Arteaga Angélica María	SE13-28	241	Saavedra Flores Anaid	SE13-15	238
Romero Badillo Eleonora	OCE-32 CARTEL	117	Saavedra Matta Joahana*	OCE-23	115
Romero-Carrillo Ninfá Lizbeth*	GEOQP-16 CARTEL	90	Saavedra Ramírez Sergio Abad	SE21-1 CARTEL	286
Romero-Centeno Rosario	CCA-2	16	Salas Ariza Jessica Jazmin*	SE08-63 CARTEL	212
Romero-Centeno Rosario	CCA-21	19	Salas Corrales José Luis	SE08-8	198
Romero-Centeno Rosario	CCA-38 CARTEL	23	Salas de León David Alberto	MSG-7	94
Romero-Centeno Rosario	CCA-50 CARTEL	25	Salazar Eder L.*	SE20-34 CARTEL	283
Romero-Centeno Rosario	SE04-14	170	Salazar Leobardo	SIS-26 CARTEL	145
Romero-Centeno Rosario	SE06-31	179	Salazar Martínez Diego*	SE10-7	221
Romero-Centeno Rosario	SE13-29	242	Salazar Tlaczani Luis	SE06-58 CARTEL	185
Romero-Centeno Rosario*	SE13-36	243	Salcedo González Dara*	SE20-15	280
Romero-Centeno Rosario	SE13-37	243	Salcedo González Dara	SE20-16	280
Romero-Centeno Rosario	SE13-38	243	Salcedo González Dara	SE20-17	280
Romero Francisco	CS-5	9	Salcedo González Dara	SE20-34 CARTEL	283
Romero Francisco	GGA-3	75	Salcedo González Dara	SE20-35 CARTEL	284
Romero González Franco Gabriel	GGA-3	75	Saldaña Bencomo Jesús	OCE-23	115
Romero Hernández Esmeralda*	FE-14	45	Saldaña Bencomo Jesús	SE15-5	259
Romero Hernández Esmeralda	FE-15	45	Saldierna Alarcón Samuel Guillermo*	GET-21 CARTEL	71
Romero Leonel	OCE-4	111	Saldívar Rangel Miguel Angel	SE06-47 CARTEL	183
Romero Leonel*	SE13-1	236	Saldívar Rangel Miguel Angel	SE06-53 CARTEL	184
Romero de la Cruz Óscar	EG-26	34	Salgado Delgado Jesús Daniel*	SE21-1 CARTEL	286
Romo Curiel Alfonsina Eugenia*	SE13-52 CARTEL	246	Salgado Méndez Saul	GEOH-4	55
Romo Jones José Manuel	EG-53 CARTEL	39	Salgado Tomás	SE15-2	258
Romo Jones José Manuel	FE-11	44	Salguero Hernández Eduardo*	EG-30	34
Romo Jones José Manuel	SE08-7	198	Salguero Hernández Eduardo	SIS-29 CARTEL	145
Romo Jones José Manuel	SE08-23	202	Salguero Sánchez Jesus Carlos*	EG-56 CARTEL	39
Romo Jones José Manuel	SE08-25	203	Salinas Jasso Jorge Alán	GEOH-24 CARTEL	60
Romo Jones José Manuel	SE08-35 CARTEL	205	Salinas Larios Guadalupe	SE12-4	232
Romo Jones José Manuel	SE08-63 CARTEL	212	Salinas-Ocampo Ulises	SED-2	134
Romo-León José R.	SE10-3	220	Salinas Sergio	GEOPAL-10 CARTEL	82
Ronquillo Arvizu Arturo	SE15-19 CARTEL	261	Salles Afonso de Almeida Paulo	GEOH-6	56
Ronquillo Mendez Argelia	SE15-7	259	Salles Afonso de Almeida Paulo	OCC-31	106
Rosado Torres Arlett*	OCC-6	101	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE20-25 CARTEL	282
Rosales Andrea*	MSG-21 CARTEL	97	Salom-Barros Jhon	OCE-33 CARTEL	117
Rosas Elguera José	GEOPAL-7	82	Samano Tirado Alma Patricia*	RN-17 CARTEL	129
Rosas Elguera José	GEOPAL-14 CARTEL	83	Sanabria Jose	SIS-34 CARTEL	146
Rosas Martínez Yesica Paola*	SE20-33 CARTEL	283	Sánchez Avila Juan I.*	SE08-41 CARTEL	206
Rosas-Medina Agustín Alberto*	SE06-45 CARTEL	182	Sánchez Azofeifa Arturo	SE10-12	222
Rosas Nava Josele*	CCA-38 CARTEL	23	Sánchez Barcena Rogelio	OCE-6	112
Rosas Pérez Irma	CCA-4	16	Sánchez-Beristain Juan Francisco	GEOQP-5	87
Rosas Sánchez Daniel Humberto*	SE20-9	278	Sánchez-Beristain Juan Francisco	GEOQP-7	87
Rossell-Méndez Karen Gabriela	CCA-7	17	Sánchez Cruz Aline Karen	SE13-52 CARTEL	246
Roy Priyadarsi D.	CCA-30	21	Sánchez Díaz Silvia*	CCA-5	16
Rozanes Valenzuela Daniel Atreyu*	SE20-17	280	Sánchez Díaz Silvia	CCA-32	22
Rubi Vite Eric*	EG-4	28	Sánchez-Flores Itzel Eugenia*	OCC-15	103
Rueda Garzon Luisa Fernanda*	GGA-5	76	Sánchez Galindo Luis Alfredo	EG-8	29
Ruelas-Inzunza Jorge	SE12-3	232	Sánchez Galindo Luis Alfredo	EG-24	33
Ruiz-Angulo Angel	OCE-16	114	Sánchez Galindo Luis Alfredo	EG-25	33
Ruiz-Angulo Angel	SE04-8	169	Sánchez Galindo Luis Alfredo*	SE08-67 CARTEL	213
Ruiz-Angulo Angel	SE04-9	169	Sánchez-García Elsa*	FE-8	44
Ruiz-Angulo Angel	SE04-10	169	Sánchez-García Elsa	FE-33 CARTEL	48
Ruiz-Angulo Angel*	SE13-2	236	Sánchez García Jaime	GEOD-9 CARTEL	51

Sánchez Gómez Rubén	CCA-5	16	Schaaf Peter	SE07-15 CARTEL	194
Sánchez Gómez Rubén*	CCA-32	22	Schettinni Augusto	OCC-4	100
Sánchez-González Alberto	SE13-55 CARTEL	247	Schiavo Benedetto*	SE20-22	281
Sánchez González Jesús	GEOD-4	50	Schwab Paul A.	GGA-16 CARTEL	78
Sánchez Jose Luis	SE15-2	258	Schwenicke Tobias	CS-3	8
Sánchez Machado Fernando Ignacio	SE10-18 CARTEL	224	Schwenicke Tobias*	SED-3	134
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	CS-6	9	Schwenicke Tobias	SED-16 CARTEL	138
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	MSG-25 CARTEL	98	Schwenicke Tobias	SED-17 CARTEL	138
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	SE06-64 CARTEL	187	Schwenicke Tobias	VUL-11 CARTEL	151
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	SE10-9	222	Schwenicke Tobias	VUL-16 CARTEL	152
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	SE10-15 CARTEL	223	Schwenicke Tobias	SE06-41 CARTEL	181
Sánchez-Mejía Zulia Mayari	SE10-18 CARTEL	224	Schwenicke Tobias	SE07-1	191
Sánchez-Núñez Juan Manuel	SED-2	134	Schwenicke Tobias	SE11-11	228
Sánchez-Núñez Juan Manuel	VUL-17 CARTEL	153	Sedov Sergey	CS-5	9
Sánchez-Núñez Juan Manuel	SE08-3	197	Sedov Sergey	CS-19 CARTEL	12
Sánchez Ortiz Karla Violeta*	CS-12 CARTEL	10	Sedov Sergey	CS-20 CARTEL	12
Sánchez Pérez Teresa de Jesús	EG-56 CARTEL	39	Sein Dmitry	SE04-2	168
Sánchez Pérez Tomás Alberto*	SE06-77 CARTEL	189	Sein Dmitry	SE04-3	168
Sánchez Ramírez Sergio Abelardo*	EG-26	34	Sein Dmitry*	SE04-4	168
Sánchez Reyes Hugo Samuel	SIS-4	140	Sena-Lozoya Eleyra Berenice	SE08-59 CARTEL	211
Sánchez-Robles Citalli	SE13-12	238	Sena-Lozoya Eleyra Berenice*	SE08-70 CARTEL	214
Sánchez Rocha Javier Gustavo	GGA-4	75	Sereno Villaseñor Hugo Iván	RN-2	126
Sánchez Rodríguez Miguel	SE20-20	281	Sergeeva Maria	FE-9	44
Sánchez Sánchez Janet*	SED-14 CARTEL	137	Sergeeva Maria	FE-13	44
Sánchez-Sesma Francisco J.	EG-28	34	Sergeeva Maria	FE-14	45
Sánchez Téllez Arturo	OCC-18	103	Sergeeva Maria*	FE-15	45
Sánchez Téllez Arturo	RN-9	127	Sergeeva Maria	FE-16	45
Sánchez Torres Tonatihu Rafael	SE15-8	259	Sergeeva Maria	FE-31 CARTEL	47
Sánchez Zamora Osvaldo	GEOD-4	50	Sergeeva Maria	FE-33 CARTEL	48
Sánchez Zamora Osvaldo	GEOD-12 CARTEL	52	Sergeeva Maria	SE06-15	176
Sánchez Zamora Osvaldo	MSG-2	93	Serra Yolande	SE20-4	277
Sandoval-Aguilar Maritza	CS-6	9	Serrano Ortíz José	EG-38 CARTEL	36
Sandoval Diez Nekane*	GGA-3	75	Shandas Vivek	RN-26 CARTEL	131
Sandoval Gómez Héctor	EG-51 CARTEL	38	Sheinbaum Julio	OCE-14	113
Sandoval Hernández Juan Manuel	SE08-14	200	Sheinbaum Julio	OCE-15	113
Sandoval Mario*	SE06-17	176	Sheinbaum Julio	SE13-5	236
Sandoval Rangel Andrés	OCE-23	115	Sheinbaum Julio	SE13-22	240
Sandoval Rangel Andrés	SE15-5	259	Sheinbaum Julio	SE13-27	241
Sandoval-Salas Alejandro	SE11-3	226	Sheinbaum Julio	SE13-28	241
Sandoval-Salas Alejandro	SE14-5	251	Sheinbaum Julio*	SE13-47 CARTEL	245
Sandoval Velasquez Andres Libardo*	VUL-17 CARTEL	153	Sheinbaum Julio	SE13-50 CARTEL	246
Santacoloma Salguero Cristian Camilo	VUL-21 CARTEL	154	Sheinbaum Julio	SE15-7	259
Santacruz de León German	GEOH-9 CARTEL	56	Shelyag Sergiy	FE-5	43
Santamaria del Angel Eduardo	OCE-33 CARTEL	117	Shirasago Germán Bernardo	OCE-35 CARTEL	118
Santana Julio Sergio*	CCA-17	19	Sibgatullin Ilias*	OCE-18	114
Santana Román Felipe*	SE01-3	156	Siebe Claus	GEOPAL-4	81
Santiago Santiago José Antonio	EG-54 CARTEL	39	Siebe Claus	GEOPAL-10 CARTEL	82
Santiago Santiago José Antonio	SE06-56 CARTEL	185	Siebe Claus	VUL-5	149
Santiago Santiago José Antonio	SE15-19 CARTEL	261	Siebe Grabach Christina	CS-23 CARTEL	13
Santiago Vera Andreas	GET-29 CARTEL	73	Siebe Grabach Christina	SE11-13	228
Santibáñez López Héctor Francisco*	SIS-30 CARTEL	145	Sieron Katrin	AR-21 CARTEL	6
Santibáñez López Héctor Francisco	SE08-40 CARTEL	206	Sieron Katrin	GEOPAL-6	82
Santisteban Mendiivil Diana María*	SED-17 CARTEL	138	Sieron Katrin	SED-7	135
Santos Basurto Reynaldo*	SE02-15 CARTEL	163	Sieron Katrin*	VUL-7	150
Santos Dimas Edgar Raúl	SE01-2	156	Sifuentes Acosta Karla Ivonne	GEOH-8	56
Santos Raga Gustavo*	GEOQP-12 CARTEL	89	Sifuentes Acosta Karla Ivonne	GEOQP-17 CARTEL	90
Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SIS-5	140	Silva Aguilar Margarita	SED-15 CARTEL	137
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-15	143	Silva Alberto*	SIS-34 CARTEL	146
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SE02-5	160	Silva Garcia Jose Teodoro*	GEOH-15 CARTEL	58
Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando	GGA-2	75	Silva Garcia Jose Teodoro*	SE14-22	254
Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando	GGA-13 CARTEL	77	Silva Peña Nadia Elvira*	EG-6	29
Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando	GEOQP-12 CARTEL	89	Silva Quiroz Rafael*	CCA-1	16
Sanvicente Añorve Laura	SE13-10	237	Silva Romo Gilberto	SED-13 CARTEL	137
Sarocchi Damiano	VUL-13 CARTEL	152	Simoes Nuno	SE14-31 CARTEL	256
Sarychikhina Olga	GEOD-10 CARTEL	52	Simoes Nuno	SE16-6	266
Sarychikhina Olga*	GEOD-11 CARTEL	52	Simuta Champo Roel	CCA-16	18
Sarychikhina Olga	SIS-20 CARTEL	144	Simuta Champo Roel	RN-29 CARTEL	132
Sarychikhina Olga	SIS-21 CARTEL	144	Singh Sandeep	SIS-18 CARTEL	143
Sarychikhina Olga	SE02-15 CARTEL	163	Singh Shri K.*	SIS-7	141
Sarychikhina Olga	SE19-2	272	Singh Shri K.*	SIS-8	141
Saucedo Girón Ricardo	SED-2	134	Singh Shri K.	SIS-10	142
Saucedo Girón Ricardo	VUL-17 CARTEL	153	Singh Shri K.	SIS-18 CARTEL	143
Saucedo Morales Julio César	FE-24	46	Skiba Iouri	SE09-1	216
Saucedo Morales Julio César	FE-27 CARTEL	47	Skiba Iouri*	SE09-2	216
Sauzède Raphaëlle	SE13-50 CARTEL	246	Skiba Iouri	SE09-7	217
Sawicka Marzena	GEOQP-5	87	Sobin Jacob*	OCC-42 CARTEL	108
Scarlato Piergiorgio	VUL-4	149	Sobin Jacob*	SE15-1	258
Schaaf Peter	GET-27 CARTEL	72	Solache Graciela	SE15-12 CARTEL	260
Schaaf Peter	GEOPAL-4	81	Solache Graciela	SE15-13 CARTEL	260
Schaaf Peter	GEOQP-11 CARTEL	88	Solano Bahena René*	SIS-27 CARTEL	145
Schaaf Peter	VUL-16 CARTEL	152	Solano-Rojas Dario*	SE19-6	273
Schaaf Peter	SE07-1	191	Solari Luigi	GET-25 CARTEL	71
Schaaf Peter*	SE07-3	191	Solari Luigi	GEOQP-3	86
Schaaf Peter	SE07-7	192	Solari Luigi	GEOQP-4	86
Schaaf Peter	SE07-9 CARTEL	193	Solari Luigi	GEOQP-15 CARTEL	89

Soler Arechalde Ana María	AR-14 CARTEL	4	Takenaka Hiroshi	SIS-26 CARTEL	145
Soler Arechalde Ana María	AR-19 CARTEL	5	Talavera Mendoza Oscar	AR-16 CARTEL	4
Soler Arechalde Ana María	GEOPAL-12 CARTEL	83	Tanahara Romero Sorayda A.	SE13-20	240
Soler Arechalde Ana María*	SE11-18 CARTEL	229	Tandazo-Bustamante Fernando*	SE06-64 CARTEL	187
Solis Alejandro*	GGA-12 CARTEL	77	Tapia Armenta Juan José	MSG-17 CARTEL	96
Solis Añorve Citlalli Azucena	SED-5	135	Tapia-Santos Berenice	SE11-17 CARTEL	229
Solis Castillo Berenice	AR-1	2	Tapia Torres Yunuen*	CS-7	9
Solis Pichardo Gabriela	GET-27 CARTEL	72	Tapia Torres Yunuen	CS-8	9
Solis Pichardo Gabriela	GEOQP-2	86	Tapia Torres Yunuen	CS-12 CARTEL	10
Solis Pichardo Gabriela	GEOQP-8 CARTEL	87	Tapia Torres Yunuen	CS-17 CARTEL	11
Solis Pichardo Gabriela	GEOQP-10 CARTEL	88	Tapia Torres Yunuen	CS-18 CARTEL	12
Solis Pichardo Gabriela	SE07-3	191	Tapia Vázquez Francisco	FE-10	44
Solis Pichardo Gabriela	SE07-7	192	Tapia Vázquez Francisco*	FE-20	46
Solis Pichardo Gabriela	SE07-9 CARTEL	193	Taquet Noemie*	VUL-14 CARTEL	152
Solis Pichardo Gabriela	SE07-15 CARTEL	194	Tarín Tonantzin	SE10-11	222
Solis Valdez Sara	SE12-1	232	Tazzo Rangel María Daniela*	GEOQP-6	87
Solis Valdez Sara	SE12-6	233	Teatini Pietro*	SE22-4	288
Solis Valdez Sara	SE12-9 CARTEL	233	Tejero Andrade Andrés	AR-22 CARTEL	6
Solis Valdez Sara*	SE12-11 CARTEL	234	Tejero Andrade Andrés	RN-11	128
Solheiro Rebolledo Elizabeth	CS-5	9	Téllez Duarte Miguel Agustín	RN-22 CARTEL	130
Solheiro Rebolledo Elizabeth	CS-19 CARTEL	12	Tenorio Fernández Leonardo*	OCC-2	100
Solheiro Rebolledo Elizabeth	CS-20 CARTEL	12	Tenreiro Miguel*	OCE-16	114
Solheiro Rebolledo Elizabeth	CS-21 CARTEL	12	Tenreiro Miguel	SE13-2	236
Solheiro Rebolledo Elizabeth	GGA-9 CARTEL	77	Tenreiro Miguel	SE13-19	239
Solheiro Rebolledo Elizabeth	GGA-10 CARTEL	77	Tenreiro Miguel	SE13-27	241
Soria Caballero Diana Cinthia	SE02-10	162	Tenreiro Miguel	SE15-2	258
Soria Caballero Diana Cinthia*	SE02-16 CARTEL	163	Tereshchenko Iryna	CCA-13	18
Soria Caballero Diana Cinthia	SE02-18 CARTEL	163	Tereshchenko Iryna*	CCA-33 CARTEL	22
Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-18 CARTEL	153	Tereshchenko Iryna	CCA-46 CARTEL	24
Sosa-Ceballos Giovanni	SE08-2	197	Tereshchenko Iryna	GEOH-23 CARTEL	60
Sosa-Ceballos Giovanni	SE08-3	197	Tereshchenko Iryna	OCE-12	113
Sosa-Ceballos Giovanni*	SE08-4	197	Tereshchenko Iryna	OCE-25 CARTEL	115
Sosa-Ceballos Giovanni	SE08-10	199	Tereshchenko Iryna	RN-25 CARTEL	131
Soto Ayala Rogelio	SE11-7	227	Teutli León María Maura Margarita	GGA-4	75
Soto Villalobos Roberto	EG-36 CARTEL	36	Ticante Roldán José Antonio	CS-27 CARTEL	14
Soto Villalobos Roberto	EG-37 CARTEL	36	Tonche Ramos Javier Agustín	GEOH-1	55
Soto Villalobos Roberto	EG-46 CARTEL	37	Toro Vladimir G.	OCC-7	101
Soto Villalobos Roberto	EG-50 CARTEL	38	Torres Alec	OCC-12	102
Soto Villalobos Roberto	GEOH-18 CARTEL	59	Torres Alec	SE20-25 CARTEL	282
Soto Villalobos Roberto	GGA-18 CARTEL	79	Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	SE07-2	191
Soto Villalobos Roberto	MSG-23 CARTEL	97	Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe*	SE07-4	191
Soto Villalobos Roberto	SE01-7	157	Torres-Delgado Vanessa	OCE-2	111
Sour-Tovar Francisco	PALEO-5	122	Torres Fernández Lucía*	RN-4	126
Sour-Tovar Francisco	PALEO-8	122	Torres-Franco Mario	CS-13 CARTEL	11
Sour-Tovar Francisco	PALEO-9 CARTEL	122	Torres-Franco Mario*	RN-24 CARTEL	131
Souza Gómez Alejandro	OCC-4	100	Torres Gaytán David Ernesto*	EG-32	35
Souza Gómez Alejandro	SE13-23	240	Torres González Alejandro	SE20-26 CARTEL	282
Spelz Ronald	GET-15	69	Torres Hernández María Yesenia	OCE-8	112
Spelz Ronald	GET-17 CARTEL	70	Torres Hernández María Yesenia*	SE14-17	253
Spelz Ronald	SE03-7 CARTEL	166	Torres Jardón Ricardo*	SE20-8	278
Sterpone Osvaldo	AR-18 CARTEL	5	Torres Jardón Ricardo	SE20-9	278
Stockli Daniel	GET-26 CARTEL	72	Torres Jardón Ricardo	SE20-18	280
Straffon Alejandra*	CCA-11	18	Torres Jardón Ricardo	SE20-26 CARTEL	282
Straulino Luisa	AR-4	2	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-5	122
Straulino Luisa	AR-15 CARTEL	4	Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-8	122
Stremme Wolfgang*	CCA-8	17	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-9 CARTEL	122
Stremme Wolfgang	VUL-14 CARTEL	152	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-12 CARTEL	123
Stremme Wolfgang	SE20-6	278	Torres Orozco Ernesto	SE11-14	229
Stremme Wolfgang	SE20-7	278	Torres Palomino Lucrecia*	SE06-72 CARTEL	188
Stremme Wolfgang	SE20-10	279	Torres-Rojas Yassir Edén	SE13-55 CARTEL	247
Stremme Wolfgang	SE20-11	279	Torres Ruiz Elías Gabriel*	RN-1	126
Stremme Wolfgang	SE20-22	281	Torres-Trejo Edgardo	CS-13 CARTEL	11
Stremme Wolfgang	SE20-28 CARTEL	282	Torres-Trejo Edgardo	RN-24 CARTEL	131
Stremme Wolfgang	SE20-29 CARTEL	282	Torres Velazquez Itzayana	RN-2	126
Stremme Wolfgang	SE20-30 CARTEL	283	Torres Velazquez Itzayana*	SE14-26 CARTEL	255
Stremme Wolfgang	SE20-31 CARTEL	283	Tovar Olvera Miguel Angel*	EG-57 CARTEL	39
Stumpp Christine	GEOH-4	55	Trasviña Castro Armando	CCA-42 CARTEL	24
Suárez Arriaga Mario Cesar*	SE08-32	204	Trasviña Castro Armando	OCC-43 CARTEL	109
Suárez Gerardo	GEOD-12 CARTEL	52	Trasviña Castro Armando*	OCE-8	112
Suárez Gerardo	MSG-2	93	Trasviña Castro Armando	OCE-11	113
Suárez Gerardo*	SIS-1	140	Trasviña Castro Armando	OCE-32 CARTEL	117
Suárez Gerardo*	SE02-8	161	Trasviña Castro Armando*	SE14-11	252
Suárez Gerardo	SE03-4	165	Trasviña Castro Armando	SE14-12	252
Suárez González Diana Laura*	CS-11 CARTEL	10	Trasviña Castro Armando	SE14-17	253
Suárez Plascencia Carlos	SE06-46 CARTEL	183	Trasviña Castro Armando	SE14-28 CARTEL	255
Suazo Cruz Guillermo*	SE14-27 CARTEL	255	Trejo Diana Irene	SE12-9 CARTEL	233
Sudre Joel	SE13-20	240	Trejo Gómez Elizabeth	SE06-46 CARTEL	183
Suñé Puchol Iván	VUL-6	150	Trejo Gómez Elizabeth	SE08-51 CARTEL	209
Suter Max	GET-3	66	Trejo Irma*	RN-6	127
Symonds Pavlovitch Alejandro*	SE07-10 CARTEL	193	Trejo Soto Manuel E.	GEOD-2	50
Taddeucci Jacopo	VUL-4	149	Trejo Soto Manuel E.	GEOD-3	50
Tago Pacheco Josue	MSG-12	95	Trejo Soto Manuel E.	GEOD-4	50
Tago Pacheco Josue*	SIS-4	140	Trejo Soto Manuel E.	SE14-4	250
Tago Pacheco Josue	SIS-34 CARTEL	146	Trespeuch Franck	OCC-21	104
Takahashi Hisao	FE-14	45	Treviño Barbosa Edgar Guadalupe	GET-21 CARTEL	71

Tripp-Valdez Arturo	SE13-55 CARTEL	247	Vázquez Aguirre Jorge Luis*	SE04-11	170
Trujillo Castrillón Nancy*	VUL-21 CARTEL	154	Vázquez Barragán Jesús Alfonso	GGA-2	75
Trujillo Hernández Noemí*	SE08-15	200	Vázquez Barragán Jesús Alfonso*	GGA-13 CARTEL	77
Trujillo Hernández Noemí	SE08-55 CARTEL	210	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-3	50
Tseng Jack	SED-1	134	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-6	51
Turrent Cuauhtémoc	SE13-39	243	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-17 CARTEL	53
Turrent Cuauhtémoc*	SE13-40	244	Vázquez Bravo Fernando	SE06-52 CARTEL	184
Tuxpan Vargas José	GEOH-17 CARTEL	58	Vázquez Bravo Fernando	SE06-54 CARTEL	184
Tuxpan Vargas José	OCE-17	114	Vázquez Bravo Fernando*	SE06-55 CARTEL	185
Tuxpan Vargas José	SE14-6	251	Vázquez Edgar	GP-12 CARTEL	64
Tuxpan Vargas José	SE14-9	252	Vázquez Espinoza de los Monteros Diana	SE06-42 CARTEL	182
Ugalde Calvillo Luis Gerardo	FE-17	45	Marisol*		
Ulloa Labariega Luis Rodrigo	SE15-3	258	Vázquez Espinoza de los Monteros Diana Marisol	SE06-48 CARTEL	183
Ulloa Marco	OCE-16	114	Vázquez G. Esteban*	GEOD-4	50
Ulloa Marco	SE13-2	236	Vázquez Galvez Felipe Adrian*	SE20-5	277
Ulloa Marco	SE13-19	239	Vázquez-Montana Jesús Aristides	SE17-4	268
Ulloa Marco	SE15-2	258	Vázquez Montoya Iván de Jesús	CCA-16	18
Uribe Abigail	SE13-9	237	Vázquez Morales Williams*	SE04-13	170
Uribe Abigail*	SE13-16	239	Vázquez Ontiveros Jesus Rene*	GEOD-16 CARTEL	53
Uribe Abigail*	SE13-51 CARTEL	246	Vázquez Ramírez Daniel*	MSG-11	95
Uribe de Santiago Agustín*	SE01-2	156	Vázquez Rogelio	CCA-53 CARTEL	26
Urquiza de León Santiago*	GET-22 CARTEL	71	Vázquez Rosas Ricardo	SE08-53 CARTEL	209
Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-30	34	Vázquez Sánchez Adiel	EG-39 CARTEL	36
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-15 CARTEL	84	Vázquez Sánchez Raúl	CCA-49 CARTEL	25
Uuh Sonda Jorge*	SE10-8	221	Vázquez Sánchez Raúl	VUL-23 CARTEL	154
Valderrama Sergio*	SE02-4	160	Vázquez Sosa Aide	RN-15	129
Valderrama Sergio	SE02-6	161	Vázquez de León María del Sol	GEOD-20 CARTEL	59
Valdés Barrón Mauro	CCA-35 CARTEL	22	Vega Granillo Ricardo	EG-6	29
Valdés Barrón Mauro	SE06-3	173	Vega Granillo Ricardo	GEOQP-20 CARTEL	91
Valdés Candanosa Argenis Jair*	PALEO-13 CARTEL	123	Vega-Puga Masuly	CS-25 CARTEL	13
Valdés González Carlos Miguel	VUL-21 CARTEL	154	Vega Ramírez Luis Angel*	GET-15	69
Valdés González Carlos Miguel*	SE06-32	179	Vela Correa Gilberto	CS-24 CARTEL	13
Valdés González Carlos Miguel	SE06-48 CARTEL	183	Vela Correa Gilberto	CS-26 CARTEL	14
Valdés González Carlos Miguel*	SE22-5	288	Vela Rosas Miguel Ángel*	SE11-2	226
Valdés Jesús Cristóbal	AR-16 CARTEL	4	Velasco-Tapia Fernando	CS-11 CARTEL	10
Valdés Melo Esdras Jacob	SE06-59 CARTEL	186	Velasco-Tapia Fernando	GEOQP-16 CARTEL	90
Valdés Moreno Beatriz*	MSG-14	95	Velasco-Tapia Fernando	SED-13 CARTEL	137
Valdez Barrera Lenin Ivan*	GET-10	68	Velasco Villarreal Miriam*	GEOPAL-15 CARTEL	84
Valdez Mauro	SE20-5	277	Velasco Zúñiga Mauricio*	SE08-56 CARTEL	210
Valdez Terriquez Armando	GEOD-13 CARTEL	52	Velasquez Alfredo	OCC-7	101
Valdivia Ornelas Luis*	VUL-19 CARTEL	153	Velázquez Ana Karen	SE15-8	259
Valencia Adrián	GEOQP-1	86	Velázquez Bucio María Magdalena	SE02-10	162
Valencia Hurtado Miguel Angel*	OCC-22	104	Velázquez Bucio María Magdalena	SE02-18 CARTEL	163
Valencia Martínez Jorge	SE15-5	259	Velázquez Bucio María Magdalena*	SE02-19 CARTEL	163
Valencia Medina Diana Itzel*	SE06-63 CARTEL	186	Velázquez Eduardo*	CCA-37 CARTEL	23
Valencia Moreno Martín	GET-20 CARTEL	70	Velázquez Juan Alberto*	CCA-52 CARTEL	25
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE04-1	168	Velázquez Maldonado Luis Ramón	AR-5	2
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE15-3	258	Velázquez-Muñoz Federico	OCE-25 CARTEL	115
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE15-4	258	Velázquez Rodríguez Alma	SE10-13	223
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso*	SE15-10 CARTEL	260	Velázquez Zapata Juan Alberto	SE16-8 CARTEL	266
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE15-22 CARTEL	262	Velderrain Rojas Luis Alonso*	SE07-6	192
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE15-23 CARTEL	263	Velderrain Rojas Luis Alonso	SE07-13 CARTEL	194
Valera-Pérez Miguel Angel	CS-13 CARTEL	11	Venegas Vega Flor Karyna*	OCE-31 CARTEL	117
Valera-Pérez Miguel Angel	CS-27 CARTEL	14	Vera Norberto*	MSG-1	93
Valera-Pérez Miguel Angel	RN-24 CARTEL	131	Verduzco Monge Vivian Shimei	RN-26 CARTEL	131
Vallarta Jonathan*	EG-31	35	Verduzco Monge Vivian Shimei	SE04-12	170
Valle Hernández Sandra	SE15-6	259	Verduzco Monge Vivian Shimei*	SE10-11	222
Valle Hernández Sandra	SE15-19 CARTEL	261	Verduzco Monge Vivian Shimei	SE10-16 CARTEL	223
Valle Levinson Arnoldo	OCC-4	100	Verduzco Monge Vivian Shimei	SE20-4	277
Valle Rodríguez Jonathan Bruno	OCE-8	112	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo	OCC-33 CARTEL	106
Valle-Rodríguez Santiago	SE04-6	169	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo	OCC-35 CARTEL	107
Valle-Rodríguez Santiago	SE19-12 CARTEL	274	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo*	OCC-36 CARTEL	107
Valle-Rodríguez Santiago	SE19-13 CARTEL	274	Vergara Filiberto	SE02-6	161
Valle-Rodríguez Santiago	SE19-14 CARTEL	275	Vergara Huerta Filiberto*	EG-55 CARTEL	39
Valle Sandra*	SE15-12 CARTEL	260	Verth Gary	FE-5	43
Vallejo Espinosa Gerardo*	OCE-30 CARTEL	117	Victoria Morales Alfredo	GEOQP-13 CARTEL	89
Vallejo Herrera Brian Fernando	SE07-10 CARTEL	193	Vidal Amaro Margarita	SE06-42 CARTEL	182
Vallejo-Rodríguez Ramiro	GGA-1	75	Vidal Amaro Margarita	SE06-53 CARTEL	184
Van Huong Le	MSG-11	95	Vidal Ruiz Jesús Adrián*	OCC-10	102
Van Kuik Niels*	OCC-9	102	Vidal Ruiz Jesús Adrián	OCC-11	102
Varela Valdez Alberto*	SE08-29	204	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOQP-20 CARTEL	91
Varela Valdez Alberto	SE08-66 CARTEL	213	Vidal Solano Jesús Roberto	SE07-6	192
Vargas-Amado María Elena	CCA-6	16	Vidal Solano Jesús Roberto*	SE07-8	192
Vargas-Bracamontes Dulce	VUL-2	149	Vidal Solano Jesús Roberto	SE07-13 CARTEL	194
Vargas Gerardo Carlos Eduardo	RN-29 CARTEL	132	Vidal Tépaté Adela Carolina	EG-57 CARTEL	39
Vargas Martínez Héctor Simón*	VUL-15 CARTEL	152	Vidal Villegas José Antonio	GEOD-9 CARTEL	51
Vargas Meleza Liliana	EG-26	34	Vidal Villegas José Antonio	GEOD-13 CARTEL	52
Vargas Rodrigo	SE10-1	220	Villa Falfán Citlali*	CCA-45 CARTEL	24
Vargas Rodrigo	SE10-4	220	Villa Guerrero Arantxa	CCA-50 CARTEL	25
Vargas Rodrigo	SE10-15 CARTEL	223	Villa Guerrero Arantxa	SE13-36	243
Vargas Sánchez Rafael	EG-38 CARTEL	36	Villa-Paez Carlos	SE17-9 CARTEL	270
Vargas Terminel Martha Lucia	SE10-14 CARTEL	223	Villacaña Adrian	SE15-2	258
Vassallo Morales Luis F.	SE12-11 CARTEL	234	Villafuerte Urbina Carlos David	SIS-4	140
Vázquez Adrian	SE20-4	277	Villalba María de Lourdes	GEOH-1	55
Vázquez Aguirre Jorge Luis	CCA-45 CARTEL	24	Villalobos Aragón Alejandro*	GEOH-8	56

Villalobos Aragón Alejandro*	GEOQP-17 CARTEL	90	Zamora Camacho Araceli	SE02-13 CARTEL	162
Villalobos Aragón Alejandro	SE17-4	268	Zamora Maciel Alejandra*	GEOD-15 CARTEL	53
Villalobos Ortiz Hector	CCA-42 CARTEL	24	Zamora-Piña Yamileth*	SE17-2	268
Villalobos Ortiz Hector	OCE-11	113	Zamora Ramírez Lucero Guadalupe*	FE-34 CARTEL	48
Villalpando Barragan Fabian	SE14-22	254	Zamudio Ángeles David*	RN-11	128
Villalpando Fermín*	SE14-6	251	Zanor Gabriela Ana	GGA-5	76
Villanueva Daniel	SE07-3	191	Zapata Norberto Berenice*	MSG-3	93
Villanueva Estrada Ruth Esther	GEOQP-18 CARTEL	90	Zapi Angelica	SE16-2	265
Villanueva Estrada Ruth Esther	SE08-68 CARTEL	213	Zaragoza Campillo Ana Gabriela*	RN-5	126
Villanueva Hernández Pablo	FE-12	44	Zarate Jessica	SE15-2	258
Villanueva Hernández Pablo	FE-13	44	Zarate del Valle Pedro Faustino*	CCA-30	21
Villanueva Hernández Pablo*	FE-31 CARTEL	47	Zarate del Valle Pedro Faustino	SIS-9	141
Villanueva Hernández Pablo*	FE-32 CARTEL	48	Zarazúa Morín María Elvira	SE14-20	253
Villaseñor-Martínez Ana Bertha	PALEO-4	121	Zarraluqui Víctor*	CCA-9	17
Villaseñor Reyes Cecilia Irene	SE11-10	228	Zarza Alvarado Miriam	SE06-56 CARTEL	185
Villate García Ernesto*	CCA-46 CARTEL	24	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-11	18
Villatoro Lacouture Monique M.*	OCC-18	103	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-50 CARTEL	25
Villaverde Villalobos Víctor Hugo*	SE03-7 CARTEL	166	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-51 CARTEL	25
Villegas-Chapa Andrea	PALEO-2	121	Zavala-Hidalgo Jorge	GEOD-7	51
Villegas Manríquez Karen Raquel	SE14-28 CARTEL	255	Zavala-Hidalgo Jorge	OCC-2	100
Villegas Ramos Luis Alfonso*	FE-2	43	Zavala-Hidalgo Jorge	SE04-8	169
Vite Sánchez Octavio	SE07-9 CARTEL	193	Zavala-Hidalgo Jorge	SE04-9	169
Vite Sánchez Octavio*	SE07-15 CARTEL	194	Zavala-Hidalgo Jorge	SE04-10	169
Viveros Ramírez Daniel*	RN-23 CARTEL	131	Zavala-Hidalgo Jorge	SE04-14	170
Vivó Vázquez Gustavo	VUL-20 CARTEL	153	Zavala-Hidalgo Jorge	SE06-3	173
Vivoni Enrique	CCA-53 CARTEL	26	Zavala-Hidalgo Jorge	SE06-31	179
Vivoni Enrique	SE04-12	170	Zavala-Hidalgo Jorge*	SE06-56 CARTEL	185
Vivoni Enrique	SE06-64 CARTEL	187	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-4	236
Vivoni Enrique	SE10-11	222	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-10	237
Vivoni Enrique	SE10-16 CARTEL	223	Zavala-Hidalgo Jorge*	SE13-29	242
Vivoni Enrique	SE20-4	277	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-36	243
Vizute Jaramillo Efrain Eduardo*	GEOH-13 CARTEL	57	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-37	243
Voelkel Jackson	RN-26 CARTEL	131	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-38	243
W. Valenzuela Raúl	SIS-33 CARTEL	146	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-46 CARTEL	245
Wang Xiaoming	SED-1	134	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-51 CARTEL	246
Wanner Christoph	VUL-3	149	Zavala-Hidalgo Jorge	SE13-58 CARTEL	248
Watson Elizabeth	SE14-28 CARTEL	255	Zavala-Hidalgo Jorge	EG-34 CARTEL	35
Watts Christopher	SE10-11	222	Zavala-Ibarra Ivan*	SE08-52 CARTEL	209
Watts Christopher	SE10-14 CARTEL	223	Zavala-Ibarra Ivan*	SE08-66 CARTEL	213
Watts Christopher	SE10-20 CARTEL	224	Zavala Reyes Juan de la Cruz	CCA-4	16
Wdowski Shimon	SE19-6	273	Zavala-Romero Olmo	CCA-2	16
Weber Bodo	GEOQP-6	87	Zavala-Romero Olmo*	SE13-4	236
Weber Bodo	SE08-24	202	Zavala-Romero Olmo	SE13-36	243
Welsh-Rodríguez Carlos Manuel	SE11-17 CARTEL	229	Zavala-Romero Olmo	SE13-38	243
Williams Jara Gerardo Manuel	SE14-21	254	Zavala-Romero Olmo	SE20-13	279
Williams Megan	OCC-4	100	Zavala-Romero Olmo	SE20-14	279
Wogau Chong Kurt	SED-7	135	Zavala-Romero Olmo	SE20-36 CARTEL	284
Xu Hong	GET-9	67	Zavala-Romero Olmo	SE20-37 CARTEL	284
Xu Shunshan	GET-9	67	Zavala Sansón Luis	OCE-20	114
Xu Shunshan	GET-23 CARTEL	71	Zavala Sansón Luis	OCE-31 CARTEL	117
Xu Shunshan*	GET-28 CARTEL	72	Zenteno Jimenez Jose Roberto*	SE09-10 CARTEL	217
Y Terán Suárez Jorge Mier*	SE06-5	174	Zepeda-Bautista Rosalba	SE04-16	171
Yamamoto Jaime	SE02-14 CARTEL	162	Zepeda Herrera Catarino	EG-18	32
Yamori Katsuya	SE03-3	165	Zepeda Ramos Oscar	SE06-20	177
Yáñez Dávila David	GEOQP-12 CARTEL	89	Zepeda Ramos Oscar	SE06-32	179
Yáñez Sandoval Felipe Ernesto	SE11-19 CARTEL	230	Zepeda Ramos Oscar	SE06-71 CARTEL	188
Yarbuh Ismael*	GET-5	66	Zhang Jie	FE-6	43
Yarbuh Ismael	GET-17 CARTEL	70	Zirino Albert	SE13-20	240
Yashiro Seiji	FE-6	43	Zúñiga Diana Valeria	GGA-16 CARTEL	78
Yee Rendón Arturo	GEOD-6	51	Zúñiga F. Ramón*	SE02-1	160
Yela Portilla Jose Daniel*	SIS-32 CARTEL	146	Zúñiga F. Ramón	SE02-2	160
Yepez Enrico A.*	CS-6	9	Zúñiga F. Ramón	SE02-4	160
Yepez Enrico A.	CS-25 CARTEL	13	Zúñiga F. Ramón	SE02-11	162
Yepez Enrico A.	MSG-25 CARTEL	98	Zúñiga F. Ramón	SE02-12	162
Yepez Enrico A.	SE06-64 CARTEL	187			
Yepez Enrico A.*	SE10-1	220			
Yepez Enrico A.	SE10-11	222			
Yepez Enrico A.	SE10-14 CARTEL	223			
Yepez Enrico A.	SE10-15 CARTEL	223			
Yepez Enrico A.	SE10-16 CARTEL	223			
Yepez Enrico A.	SE10-17 CARTEL	223			
Yepez Enrico A.	SE20-4	277			
Yépez Rincón Fabiola D.*	SE14-8	251			
Yépez Rincón Fabiola D.*	SE14-20	253			
Yépez Rincón Fabiola D.	SE14-29 CARTEL	256			
Yutis Vsevolod	EG-10	30			
Yutis Vsevolod	GET-13	68			
Yutis Vsevolod*	SED-4	134			
Z. Flores López María*	CS-3	8			
Z. Flores López María*	SE06-41 CARTEL	181			
Zacarias Ramírez Said Ricardo	SE06-7	174			
Zacarias Ramírez Said Ricardo*	SE19-10 CARTEL	274			
Zacarias Ramírez Said Ricardo	SE19-11 CARTEL	274			
Zambrana Areas Xochitl Esther	GEOPAL-9 CARTEL	82			
Zamora-Arellano Nydia Yuriana*	SE12-3	232			

Llega más alto con tu laboratorio de radiocarbono de confianza



- ✓ Consultas técnicas especializadas
- ✓ Atención al cliente inmejorable
- ✓ Entrega de resultados en 3-14 días
- ✓ Acreditado por la norma ISO/IEC 17025: 2005

Datación por radiocarbono
Precisión constante y resultados a tiempo



Beta Analytic
www.radiocarbon.com

Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A. C.
que la cuota es de \$500.00 para investigadores
y \$200.00 para estudiantes

página internet: www.ugm.org.mx

Con un cordial saludo

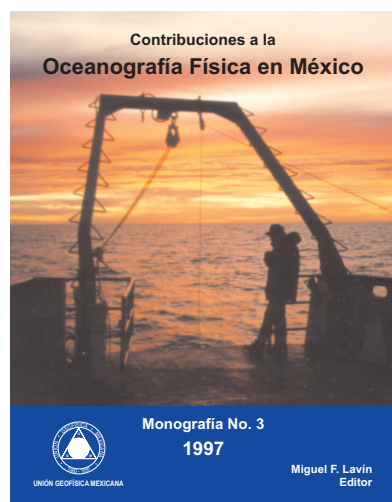
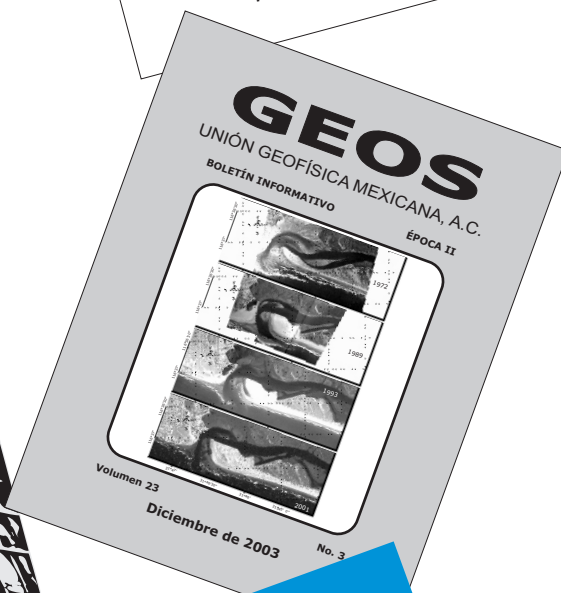
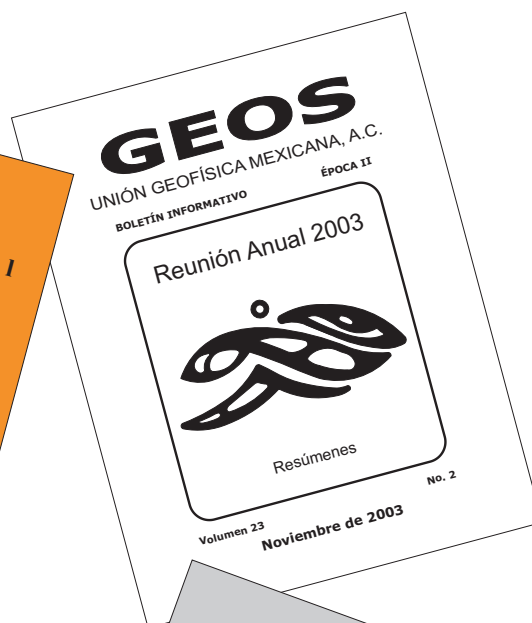
Luis A. Delgado Argote y Dora C. Carreón Freyre
Editores

GEOS

Información con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.mx





Tus trabajos de investigación y divulgación tienen cabida en estos foros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.