

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

geos



**Volumen 38
No. 1
Noviembre de 2018**

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 2018-2019

Dra. Ligia Pérez Cruz
Instituto de Geofísica, UNAM
Presidente

Dra. Vanesa Magar Brunner
División de Oceanología, CICESE
Vicepresidente

Dr. Víctor Manuel Wong Ortega
Tesorero

Dra. Aida Martínez López
Instituto Politécnico Nacional, IPN
Secretario General

Dr. David Adams
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
Secretario de Investigación

Dr. Víctor de la Luz
Instituto de Geofísica, UNAM
Secretario de Difusión

Dra. Susana Alaniz Álvarez
Centro de Geociencias, UNAM
Secretario de Educación

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Instituto de Geofísica, UNAM
Secretario de Asuntos Internacionales

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Víctor de la Luz
vdela luz@igefisica.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
Sergio Manuel Arregui Ojeda
Humberto Santana Benítez Pérez
María Cristina Álvarez Astorga

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

La Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (RAUGM) se realizó del 28 de octubre al 2 de noviembre. El programa se formó por veinte sesiones regulares, 18 sesiones especiales, 7 conferencias plenarias, 9 cursos especiales, el Foro de Geofísica 100 Años y la Exposición de Geofísica. El programa de actividades incluyó el evento de inauguración, la asamblea general, actividades de difusión, mesas de discusión, reuniones especiales de las redes y programas de investigación, el evento de bienvenida y actividades especiales de las compañías, consorcios e instituciones. En esta ocasión el tema de la RAUGM fue "Variabilidad y Cambio Climático". El interés y relevancia del tema se reflejó en una serie de actividades especiales, incluyendo las conferencias plenarias, sesiones y actividades de divulgación. Las investigaciones sobre variabilidad y cambio climático son de carácter multi e interdisciplinario, en las que participan los miembros de la UGM.

Como parte de las relaciones internacionales de la UGM se realizaron varias actividades sobre el aniversario 100 de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) y de la Unión Geofísica Americana (AGU). Miembros de los consejos directivos de IUGG y AGU participaron en el programa de conferencias plenarias y en el Foro Geofísica 100 Años. La sesión anual del Consejo Directivo de IUGG se realizó en la Ciudad de México, la semana anterior a la RAUGM. En la sesión se analizaron las actividades de colaboración y los programas del centenario, incluyendo la participación de UGM en los programas, acciones de colaboración y eventos conjuntos.

En el Foro Geofísica 100 Años se presentaron y analizaron un amplio rango de temáticas sobre programas y proyectos de investigación, colaboración internacional, sociedades científicas y organizaciones internacionales, educación y formación de recursos humanos y retos y oportunidades en geociencias. El Foro generó una interesante discusión con comentarios y propuestas y contó con la participación de un destacado grupo de especialistas de diferentes áreas e instituciones.

La difusión y la promoción de la investigación y educación en geociencias constituyen actividades prioritarias. Antes durante y después de la RAUGM se realizaron varias actividades y se contó con la cobertura de los medios de comunicación, incluyendo una serie de transmisiones especiales de parte del Sistema Público de Radiodifusión del Gobierno (SPR). Las transmisiones incluyeron reportajes y entrevistas sobre las presentaciones en las sesiones, conferencias plenarias, cursos, y otras actividades. Diversos programas y proyectos de investigación tienen relevancia para políticas públicas, toma de decisiones, acciones de colaboración y relaciones internacionales, etc, tales como aquellos relacionados al tema central de la RAUGM y muchos otros, entre ellos, desastres y riesgos, recursos minerales y energéticos, seguridad alimentaria y desarrollo sustentable.

Una de las actividades especiales fue el Curso-Taller sobre Comunicación de la Ciencia ofrecido por Iain Stewart de la Universidad de Plymouth. El Prof. Stewart es reconocido por una destacada labor de divulgación, que incluye varios programas de la BBC, cursos, talleres y conferencias y la publicación de la revista. El Curso contó con la participación de investigadores y estudiantes y en su organización participaron el SPR e InMedia. El interés generado permitió la organización de un Taller, dentro del programa de sesiones. En el Curso-Taller, así como en varias sesiones temáticas y conferencias plenarias sobre variabilidad y cambio climático, se resaltó la importancia de la comunicación a la sociedad y entre científicos y tomadores de decisiones.

En la Exhibición se instalaron 18 stands de compañías, que incluyeron firmas editoriales y compañías de geofísica. Adicionalmente se instalaron 11 stands académicos, que incluyeron instituciones de investigación y educación, así como los programas de licenciatura y posgrado. Se realizó el Concurso de conocimientos en Ciencias de la Tierra para estudiantes de licenciatura y se premiaron los mejores trabajos presentados por estudiantes.

En la reunión se realizó la Asamblea General, con la presentación de los informes de la Mesa Directiva y se analizaron y discutieron los programas de actividades para el próximo año. En el marco de la Asamblea General se presentaron los reconocimientos de la Medalla Mariano Bárcena al Dr. Oscar Campos Enríquez y el Premio a la Maestra del Año a la Dra. María Aurora Armienta.

En 2018 se organizaron ocho seminarios en línea sobre diferentes temas, incluyendo el tema central de variabilidad y cambio climático y sobre otros temas como peligros y riesgos. En el programa de webinarios, se presentaron conceptos, investigaciones, modelados y herramientas. Se realizaron actividades de promoción de la enseñanza y divulgación, entre ellas, se apoyaron el 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.

Los canales de divulgación y difusión de la UGM, Gaceta, Facebook y Twitter continuaron sus actividades de comunicación, divulgación y difusión. Las redes sociales proporcionan un canal de comunicación a una comunidad más amplia.

Uno de los objetivos de la UGM es la colaboración con sociedades y organizaciones científicas. La Unión amplió sus acciones de colaboración con la AGU, que incluyeron la participación en la Exhibición en la Reunión de AGU con un stand multi-institucional.

La colaboración y el patrocinio de diferentes instituciones y organizaciones permite a la UGM ampliar sus actividades. Agradecemos a los patrocinadores en este año: la Coordinación de la Investigación Científica y el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México; al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica; a las empresas Kongsberg, Sigmetric y Anton Paar.

Agradezco, el trabajo, entusiasmo y dedicación de los miembros de la Mesa Directiva: Vanesa Magar Bruner, Víctor Wong Ortega, Aída Martínez López, David Adams, Susana Alaniz Álvarez, Víctor de la Luz, Jaime Urrutia Fucugauchi; de los representantes de las secciones de la UGM: Mario González Escobar, Ruth Cerezo Mota, Julián Mejía Ambriz y Reginaldo Durazo; así como al invaluable apoyo del equipo técnico: Ángel Daniel Peralta Castro, Sergio Manuel Arregui Ojeda, Miguel Ángel Rodríguez Domínguez y José de Jesús Mojarro Bermúdez.

Dra. Ligia Pérez Cruz
Presidente
Unión Geofísica Mexicana, A. C.

ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2018

La Reunión Anual 2018 tuvo 913 trabajos aceptados repartidos en 20 sesiones regulares y 18 sesiones especiales. Distinguidos especialistas dieron conferencias plenarias en siete áreas de interés. Se ofreció una mesa de discusión en temas de actualidad. Las sesiones se presentaron en seis salas simultáneas y hubo un área de carteles y exposición con 30 expositores de los sectores privado, público y académico. Se ofrecieron además nueve cursos de capacitación sobre temas de interés diverso para estudiantes y especialistas.

Conferencias Plenarias

BIOSPHERE 2: THE GRAND EXPERIMENT

Joaquín Ruiz
University of Arizona

LATE STAGE CONTINENTAL RIFTING IN ETHIOPIA – MAGNETOTELLURICS IN MULTI-DISCIPLINARY STUDIES

Kathryn Whaler
University of Edinburgh

CLIMATIC AND HUMANITARIAN IMPACTS OF NUCLEAR WAR

Alan Robock
Department of Environmental Sciences, Rutgers University

CURRENT AND EMERGING GLOBAL ECONOMIC, SOCIETAL AND SCIENCE TRENDS - FUTURE OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR SCIENCE AND SCIENTIFIC SOCIETIES

Christine McEntee
American Geophysical Union

A GEOPHYSICAL LOOK AT CHANGING ICE AND CHANGING COASTLINES

Robin Bell
Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University

ESPACIO, EMISIONES DE MASA CORONAL Y METEOROLOGÍA ESPACIAL

Teresa Nieves-Chinchilla
Goddard Space Flight Center, NASA

IMPLICACIONES DE UN AUMENTO RECIENTE DEL NIVEL DEL MAR EN COSTAS MEXICANAS

Arnoldo Valle-Levinson
Civil and Coastal Engineering Department, University of Florida

Mesas de Discusión

GEOFÍSICA 100 AÑOS

Panelistas:
Lucia Capra, Centro de Geociencias, UNAM
Hugo Delgado Granados, Instituto de Geofísica, UNAM
Alik Ismail-Zadeh, Karlsruhe Institute of Technology
William Lee Alardin, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM
Christine McEntee, American Geophysical Union
Joaquín Ruiz, University of Arizona
Kathryn Whaler, University of Edinburgh

Coordinadores:
Alik Ismail-Zadeh, Karlsruhe Institute of Technology
Jaime Urrutia Fucugauchi, Unión Geofísica Mexicana
Ligia Pérez Cruz, Unión Geofísica Mexicana

Sesiones Regulares

ARQUEOMETRÍA (AR)

Organizadores:
José Luis Punzo Díaz, Juan Rodrigo Esparza López, Galia González Hernández, Ana María Soler Arechalde

CIENCIAS DEL SUELO (CS)

Organizadores:
Felipe García Oliva

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)

Organizadores:
Ruth Cerezo Mota, David Adams

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)

Organizadores:
Mario González Escobar, Iza Canales

FÍSICA ESPACIAL (FE)

Organizadores:
Juan Américo González Esparza, Julio César Mejía Ambriz, Víctor de la Luz

GEODESIA (GEOD)

Organizadores:
Enrique Cabral

GEOHIDROLOGÍA (GEOH)

Organizadores:
Antonio Hernández Espriú

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)

Organizadores:
Javier Arellano Gil

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)

Organizadores:
Luca Ferrari, José Rosas Elguera

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)

Organizadores:
Roberto Maciel, Pedro Zárate

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)

Organizadores:
Manuel Calvo Rathert, Rubén Cejudo Ruiz, Miguel Ángel Cervantes, Ana Caccavari

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)

Organizadores:
Geovanni Sosa Cevallos, Ligia Pérez Cruz

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)

Organizadores:
Luis Alonso Gallardo Delgado, Vlad Manea

OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)

Organizadores:
Cecilia Enríquez Ortiz, Xavier Chiappa Carrara, Héctor García, Manuel Verduzco

OCEANOLOGÍA (OCE)

Organizadores:
Erik Coria Monter, Elizabeth Durán

PALEONTOLOGÍA (PALEO)

Organizadores:
Blanca Buitrón Sánchez, Ligia Pérez Cruz

RIESGOS NATURALES (RN)

Organizadores:
David Novelo

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)

Organizadores:
Jesús Arturo Martín Barajas

SISMOLOGÍA (SIS)

Organizadores:

Víctor Hugo Márquez Ramírez, Quetzalcoatl Rodríguez

VULCANOLOGÍA (VUL)

Organizadores:

Lucía Capra

Sesiones Especiales

GEOTERMIA NO ASOCIADA A MAGMATISMO CUATERNARIO (SE01)

Organizadores:

Luca Ferrari, Gilles Levresse, Antonio Hernández Espriu

MODELACIÓN DE PROCESOS ATMOSFÉRICOS: TEORÍA Y APLICACIONES (SE02)

Organizadores:

Yuri Skiba, David Parra Guevara

AVANCES Y RESULTADOS CON DATOS DE LA RUOA (SE03)

Organizadores:

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

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN (SE04)

Organizadores:

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

MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL Y CORDEX (SE05)

Organizadores:

Tereza Cavazos, Rosa Luna, Gabriela Colorado, Abraham Torres Alavez

GEOTERMIA: RESULTADOS Y AVANCES LOGRADOS EN LOS PROYECTOS MEXICANOS (SE06)

Organizadores:

José Manuel Romo Jones, Gerardo Carrasco Núñez, Luis Carlos Gutiérrez Negrín, Claudia Arango Galván

ESTRATIGRAFÍA, SEDIMENTOLOGÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE NORTEAMÉRICA: CELEBRANDO LA CARRERA GEOLÓGICA DE TIM F. LAWTON EN MÉXICO (SE07)

Organizadores:

Alisa Fitz Díaz, Edgar Juárez Arriaga, Michelangelo Martini, Yam Zul Ocampo Díaz

ASTROBIOLOGÍA Y QUÍMICA PREBIÓTICA (SE09)

Organizadores:

María Guadalupe Cordero Tercero, Ana Leonor Rivera López

OBSERVACIONES Y MODELOS SOBRE LA CIRCULACIÓN, BIOGEOQUÍMICA, ECOLOGÍA DEL GOLFO DE MÉXICO (SE10)

Organizadores:

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

PLANETA TIERRA Y LAS CIENCIAS DE LA TIERRA - GEOFÍSICA 100 AÑOS (SE11)

Organizadores:

Jaime Urrutia Fucugauchi, Alik Ismail Zadeh, Ligia Pérez Cruz, Kathryn Whaler

PALEOCLIMAS Y CAMBIO GLOBAL (SE12)

Organizadores:

Ligia Pérez Cruz, Abdel Sifeddine

ESQUEMAS EMERGENTES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA (SE13)

Organizadores:

Alejandro Hinojosa, Sergio Arregui

ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES EN MESOAMÉRICA: EN HONOR AL LEGADO DE ROGER BYRNE (SE14)

Organizadores:

Harald Böhnelt, Sarah Metcalfe, Dave Wahl

PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS EN LA ZONA CRÍTICA: RESPUESTAS AL USO DEL SUELO Y AL CAMBIO CLIMÁTICO (SE15)

Organizadores:

Christina Siebe Grabach, Blanca Lucía Prado Pano, Lucy Natividad Mora Palomino, Silke Cram Heydrich

CIENCIAS DE LA TIERRA: UNA PERSPECTIVA DESDE EL EXTRANJERO (SE16)

Organizadores:

Bernardo Basti3n Olvera, Sarah3 Arriaga Ram3rez, H3ctor Inda D3az, Argel Ram3rez Reyes

INTEGRACI3N DE M3TODOS DE EXPLORACI3N EN GEOF3SICA SOMERA (SE17)

Organizadores:

Mart3n Cardenas Soto, Gerardo Cifuentes Nava, David Escobedo Zenil, Esteban Hern3ndez Quintero

GENERAL (SE18)

Organizadores:

Ligia P3rez-Cruz

CONFERENCIAS PLENARIAS (SE19)

Organizadores:

Ligia P3rez-Cruz

Cursos

3ER TALLER DE SUPERC3MPUTO PARA CLIMA ESPACIAL (CU01)

Instructores:

V3ctor De la Luz, Elizandro Huipe, Carlos de Meneses, Enrique Cruz

PRINCIPIOS, MUESTREO, MEDICI3N Y APLICACI3N DE IS3TOPOS AMBIENTALES, 18O Y 2H, DE LA MOL3CULA DEL AGUA EN SISTEMAS HIDROL3GICOS: ENFOQUE DE TRAZADOR (CU02)

Instructores:

Juan P3rez Quezadas, Alejandra Cortes Silva, Pedro Morales Puente

FUNDAMENTOS DE TECT3NICA SALINA (CU03)

Instructores:

Guillermo Alejandro P3rez Cruz

SENSORES, DRONES Y LAS GEOCIENCIAS (CU04)

Instructores:

Jos3 Tuxpan Vargas, Oscar Almanza, Ferm3n Villalpando, Jos3 Alfredo Ramos Leal

MODELADO E INVERSION 1D Y 2D DE RESISTIVIDAD DC CON SOFTWARE DE ACCESO LIBRE (CU05)

Instructores:

Marco Antonio P3rez-Flores, Angel Daniel Peralta-Castro

ESTRAT3GIAS PARA RESPALDO Y SINCRONIZACI3N DE DATOS GEOF3SICOS (CU06)

Instructores:

Miguel Angel Garc3a Palacios, Ivan Rodr3guez Rasilla

ARQUEOMETR3A EN MATERIALES: OBSIDIANAS Y METALES (CU07)

Instructores:

Ana M. Soler-Arechalde, Galia Gonz3lez-Hern3ndez, Angel Ram3rez-Luna

COMUNICACI3N DE LA CIENCIA (CU08)

Instructores:

Iain Stewart

GEOMETR3A FRACTAL, SISTEMAS DIN3MICOS NO LINEALES APLICADOS A GEOCIENCIAS (CU09)

Instructores:

Tom3s Morales Acoltzi, Jos3 Dolores Monroy Mart3nez, Alma Bustamante, Marcos Bernal Romero

Expositores

AMPERE (P1)

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

ZEBRA EARTH SCIENCES INC | GF INSTRUMENTS (P2)

<http://www.zebraes.com>

KONGSBERG (P3)

<http://www.kongsberg.com>

GEOTEM (E1)

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

NORTEK (E2)

<http://www.nortekgroup.com>

APROTEC (E3)

<http://www.aprotecmexicana.com>

GEOBIT (E4)

<http://geobit-instruments.com>

GEOELEC (E5)

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

MALA (E6)

<http://www.guidelinegeo.com>

BETA ANALYTIC (E7)

<http://www.radiocarbon.com>

SCINTREX / TASE (E8)

<http://scintrexltd.com> | <http://tase.com.mx>

SIGMETRIC (E9)

<http://www.sigmetric.com>

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO (E10)

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

ANTON PAAR (E11)

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

PHOENIX GEOPHYSICS (E12)

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

COPO (E13)

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

ALERT GEOMATICS (E14)

<http://alertgeo.com>

GURALP (E15)

<http://www.guralp.com>

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

<http://www.cemiegeo.org>

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM (A2)

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

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, IPICYT (A3)

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

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA, UDG (A4)

<http://www.sisvoc.mx>

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM (A5)

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

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM (A6)

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

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE (A7)

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

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, CICESE (A8)

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

SPRINGER NATURE (A9)

<http://www.springernature.com>

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UANL (A11)

<http://fct.uanl.mx>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM (A12)

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

Patrocinadores

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

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

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

<http://www.cicese.mx>

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

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

CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA GEOTÉRMICA, CEMIEGEO

<http://www.cemiegeo.org>

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM

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

KONGSBERG

<http://www.kongsberg.com>

ANTON PAAR

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

SIGMETRIC

<http://www.sigmetric.com>

OFICINA DE CONVENCIONES Y VISITANTES DE PUERTO VALLARTA

<http://visitapuertovallarta.com.mx>

Comité Organizador

Ángel Daniel Peralta Castro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Sergio Manuel Arregui Ojeda

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Miguel Ángel Rodríguez Domínguez

Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

José de Jesús Mojarro Bermúdez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

ÍNDICE GENERAL

	Página
Editorial	i
Estructura de la Reunión Anual 2018	iii
Índice general	ix

Sesiones Regulares

Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	8
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	16
Exploración geofísica (EG)	28
Física espacial (FE)	42
Geodesia (GEOD)	49
Geohidrología (GEOH)	53
Geología del petróleo (GP)	60
Geología estructural y tectónica (GET)	65
Geología y geofísica ambiental (GGA)	75
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	83
Geoquímica y petrología (GEOQP)	90
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	100
Oceanografía costera (OCC)	105
Oceanología (OCE)	116
Paleontología (PALEO)	122
Riesgos naturales (RN)	127
Sedimentología y estratigrafía (SED)	138
Sismología (SIS)	142
Vulcanología (VUL)	155

Sesiones Especiales

Geotermia no asociada a magmatismo Cuaternario (SE01)	165
Modelación de procesos atmosféricos: teoría y aplicaciones (SE02)	169
Avances y resultados con datos de la RUOA (SE03)	173
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE04)	178
Modelación climática regional y CORDEX (SE05)	185

Geotermia: resultados y avances logrados en los proyectos mexicanos (SE06)	187
Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica de Norteamérica: celebrando la carrera geológica de Tim F. Lawton en México (SE07)	201
Astrobiología y química prebiótica (SE09)	211
Observaciones y modelos sobre la circulación, biogeoquímica, ecología del golfo de México (SE10)	215
Planeta Tierra y las Ciencias de la Tierra - Geofísica 100 años (SE11)	232
Paleoclimas y cambio global (SE12)	234
Esquemas emergentes de observación de la Tierra (SE13)	238
Estudios paleoambientales en Mesoamérica: en honor al legado de Roger Byrne (SE14)	242
Procesos biogeoquímicos en la zona crítica: respuestas al uso del suelo y al cambio climático (SE15)	246
Ciencias de la Tierra: una perspectiva desde el extranjero (SE16)	249
Integración de métodos de exploración en geofísica somera (SE17)	251
General (SE18)	256
Conferencias plenarias (SE19)	258
Índice de autores	261

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores:

José Luis Punzo Díaz
Juan Rodrigo Esparza López
Galia González Hernández
Ana María Soler Arechalde

AR-1

COMBINED USE OF RAMAN AND INFRARED REFLECTION SPECTROSCOPIC ANALYSIS: NON-DESTRUCTIVE METHODS OF CHARACTERIZING MINERALS AND STONE MATERIALS IN GEOARCHAEOLOGICAL AND ARCHAEOMETRIC APPLICATIONS

Ostrooumov Mikhail
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
ostroum@umich.mx

The purpose of this paper is to show the benefits of the combined use of Raman microprobe (RMP) and infrared reflection spectroscopy (IRS) in the analysis of geoarchaeological and archaeometric applications. In support of RMP and IRS techniques, a catalogue and new spectral database have been created with over 600 Raman and infrared reflection spectra in mid and far ranges from more than 300 different archaeological minerals and stone materials (www.mineralog.net). The Raman and infrared reflection spectrum serve as a "fingerprint" of all these materials. These new, nondestructive methods are useful for spectrometric identification and crystal chemical characterization of many minerals, rocks and stone materials commonly found in geoarchaeological and archaeometric contexts. Three brief examples of combined Raman and IRS analysis of geoarchaeological materials are presented as test cases. It is suggested that RMP and IRS could and should become a routine approach in geoarchaeology and archaeometry for identification and provenance studies.

AR-2

CONTRASTE EN EL DETERIORO DE ROCAS VOLCÁNICAS EN EDIFICIOS HISTÓRICOS: EJEMPLOS DE MÉXICO Y ARMENIA

López Doncel Rubén Alfonso¹, Pötl Christopher², Aguilón
Robles Alfredo¹ y Torres-Hernández José Ramón¹
¹Instituto de Geología, UASLP
²Geoscience Centre of the University Göttingen
lopez@uaslp.mx

En el presente estudio se comparan los diferentes grados de deterioro e intemperismo que presentan las rocas de construcción utilizadas en edificios históricos de dos localidades muy contrastantes, la porción central de México (San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato y Aguascalientes) y la República balcánica de Armenia, en Asia. Para la construcción de los diferentes edificios históricos en ambas localidades se utilizaron rocas magmáticas extrusivas de composiciones ácidas hasta intermedias, clasificadas como riolitas hasta andesitas y depositadas en forma de lavas, ignimbritas y tobas. Debido a que en ambas localidades se utilizaron rocas extremadamente similares, éstas representan una excelente oportunidad para comparar los tipos y grados de intemperismo y deterioro que presentan rocas similares sometidas a condiciones ambientales (clima, humedad, frío, calor, horas de sol, etc.) y de tiempo de exposición muy diferentes y de este modo conocer cuáles son las propiedades geológicas, geoquímicas y físicas que desempeñan un papel determinante en su deterioro y bajo que condiciones. Armenia es reconocido mundialmente como el primer país cristiano en la historia de la humanidad y fueron los primeros cristianos los que erigieron un gran número de iglesias, templos y capillas de las cuales muchas aún se preservan. Estas primeras iglesias cristianas, en su mayoría erigidas con las rocas arriba mencionadas llegan a tener más de 1,700 años de antigüedad. Por otra parte, existen una gran cantidad de edificios religiosos coloniales en la porción central de México contruidos con similares rocas volcánicas, muchos de ellos con más de 400 años de haber sido erigidos. Ya que las iglesias armenias han estado durante mucho más tiempo expuestas al intemperismo en comparación a los templos coloniales mexicanos, es de esperar en ellas un mayor grado de daño y deterioro, aunado a ciertas condiciones climáticas que en la porción central de México no existen (p.e. congelamiento-descongelamiento anual), sin embargo, nuestras investigaciones han mostrado que este no es el caso, incluso bajo ciertas circunstancias las rocas volcánicas de los edificios en México muestran un mayor deterioro a sus litológicamente similares de Armenia. El presente trabajo muestra y compara las propiedades geológicas (petrografía, textura, clasificación), geoquímicas (composición, mineralogía), petrofísicas (densidad, porosidad, tamaño de poro, absorción de agua, expansión, etc.) y mecánicas (resistencia a la tensión y a la compresión), de las rocas de ambas regiones y discute e interpreta la diferencia en la intensidad, tipo y procesos del deterioro de las rocas en Armenia y México.

AR-3 PLÁTICA INVITADA

DERIVADOS DE PETRÓLEO Y OTROS ADITIVOS PARA ESTABILIZAR CONSTRUCCIÓN CON TIERRA PREHISPÁNICA EN SITIOS DE MÉXICO: PRIMEROS RESULTADOS

Daneels Annick¹, Romo de Vivar Alfonso², Chávez Laura², Reyes Marisol², Tapia Everardo², León Mayra², Carballo David M.³, Punzo José Luis⁴ y Ramírez Gustavo⁵
¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
²Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC-IQ), Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
³Departamento de Arqueología de la Universidad de Boston
⁴Centro INAH-Michoacán
⁵Centro de INAH Tamaulipas
annickdaneels@hotmail.com

La presencia de hidrocarburos en adobes del sitio arqueológico de La Joya, en la Costa central del Golfo de México, llevó a la hipótesis que derivados de petróleo podrían haberse usado como estabilizantes para la construcción en tierra. La información de construcción moderna confirma que los compuestos asfálticos son útiles para este fin. Para evaluar su uso desde el periodo prehispánico, se propuso un estudio comparativo de la presencia de hidrocarburos en muestras constructivas de muros o recubrimientos de tierra, (1) en sitios de trópico húmedo en la costa del Golfo, donde naturalmente afloran chapopoterías, (2) en sitios de trópico húmedo sin afloramientos petroleros y (3) en sitios de ambientes semiáridos, para evaluar si la práctica fue única (solo en La Joya), oportunista (aplicada donde hubiera afloramientos) o cultural (compartida entre sitios en contacto). A la fecha se estudiaron 5 sitios (de los 8 previstos): La Joya (Veracruz) y Loma Real (Tamaulipas), Teotihuacán (sitio con el que La Joya estuvo en contacto) y 2 sitios del municipio de Huetamo en Michoacán. El estudio consistió en la extracción asistida por ultrasonido y su posterior análisis de los extractos de tierra mediante Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas. Los resultados mostraron abundancia de hidrocarburos y alcoholes lineales en adobes de La Joya, con presencia de fitano y pristano (comúnmente presentes en petróleo) en paleosuelos de La Joya y en muestras constructivas de Tamaulipas. Por otra parte, las muestras de Teotihuacán y Michoacán provenientes de ambiente semiárido muestran composición muy parecida, con presencia de compuestos vegetales no-fósiles. Por lo tanto, los datos sugieren la presencia de aditivos distintos en ambientes semiáridos y en la costa del Golfo.

AR-4

EL ANÁLISIS FUNCIONAL DE UN CONJUNTO LÍTICO Y SU ASOCIACIÓN A UNA OCUPACIÓN PRECERÁMICA EN LA CUENCA DE MÉXICO

Pérez Martínez Patricia¹, Domínguez Zannie Paloma¹, Jiménez Valerio Cuitláhuac¹, Cruz Palma Jorge Ezra² y Acosta Ochoa Guillermo³
¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH
²Posgrado en Antropología (UNAM)
³Instituto de Investigaciones Antropológicas (UNAM)
patyperezmtz@gmail.com

El presente estudio es un intento de revalorar uno de los periodos menos conocidos en la arqueología de la Cuenca de México a través de análisis funcionales de base microscópica en artefactos líticos, complementados con análisis de microrrestos de los sedimentos recuperados en el Proyecto Poblamiento, Agricultura Inicial y sociedades aldeanas en la Cuenca de México (Almidones, XRF y residuos químicos de tipo spot test) con el objetivo de identificar patrones de subsistencia y uso de recursos (de plantas y animales), previo a aparición de la cerámica en la región, que además nos permitan caracterizar el desarrollo de sociedades cazadoras recolectoras hacia la aparición de las primeras aldeas en la región, que al menos para finales del Holoceno dan cuenta de una gran explotación y manipulación de recursos. Los artefactos líticos se caracterizan por estar elaborados en su mayoría sobre basaltos de grano fino y obsidiana, también se recuperaron artefactos de calcedonia y sílex. El presente estudio tiene por objetivo inferir el papel que desempeñaron las comunidades de las fases Playa (6000-4500 a.C.) y Atlapulco (4200-3800 ANE) en la adopción del patrón de residencia sedentario y el sistema de subsistencia basado en la manipulación de recursos vegetales y faunísticos, desde los análisis funcionales. Resultados preliminares marcan una gran dependencia de los recursos lacustres, en particular a la explotación de la fauna, la cual queda atestiguada por la abundancia de restos de peces, tortugas y aves. La abundancia de piedras de molienda y los resultados iniciales del análisis de granos de almidón indican una dieta mixta que incluía plantas domesticadas (frijol, chile) y especies silvestres (Dioscorea, y pastos no identificados).

AR-5

ESTUDIO DE LA MINERÍA PREHISPÁNICA Y LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA OBSIDIANA MECA EN LA SIERRA DE AHUISCULCO, JALISCO

Esparza López Juan Rodrigo¹, Mireles Salcedo Camilo¹, Acosta Ochoa Guillermo², García Gómez Víctor Hugo² y Nava Cruz Rosa Angeles²

¹El Colegio de Michoacán, A.C., COLMICH

²Instituto de Investigaciones Antropológicas - UNAM
jresparza@yahoo.com

Se le conoce como Meca a una variedad de la obsidiana que es bicolor, es decir, presenta en su conformación física dos colores que van desde un rojo intenso, ocre, café, naranja, y el color negro o gris. En la región Valles de Jalisco se han hallado varios yacimientos que presentan este tipo de obsidiana, siendo los más importantes los de Navajas, San Marcos, San Juan de los Arcos, Teuchitlán-La Mora y Ahuisculco. Este último, ha sido el que hemos investigado en los últimos años sobre todo por la explotación prehispánica presente en el lugar. Muchas de las minas y socavones se encuentran intactos, esto ha sido posible porque está en un área de reserva de la biosfera por la fundación Selva Negra. En nuestros recorridos dentro del yacimiento encontramos un lugar único en el Occidente de México, que se trata de un taller de explotación de obsidiana Meca y producción de cuchillos bifaciales in situ, básicamente tenemos toda la cadena de producción en este lugar. Desde el mes de abril de este año realizamos algunos sondeos de excavación sobre todo para reconocer tanto las minas como los productos de la cadena. La otra parte de esta investigación consistió en caracterizar esta obsidiana y compararla con otras obsidianas Mecas de la región. Los resultados apuntan a que son fácilmente distinguibles de un yacimiento a otro, siendo que el color de la obsidiana no altera la huella química de origen.

AR-6

APLICACIÓN DE ESTUDIOS GEOFÍSICOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN NUEVO CENTRO DE BARRIO EN TEOTIHUACAN

Ortiz Butrón Agustín¹, Barba Pingarrón Luis Alberto¹, Pecci Alessandra², Moragas Natalia² y Jorge Blancas¹

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, IIA, UNAM

²Universidad de Barcelona
ortizbutron@gmail.com

Todo parece indicar que Teotihuacan estaba organizada en grandes barrios y muy posiblemente durante las fases Tlamimilolpa y Xolalpan, Teotihuacan funcionó como una confederación de barrios, cada uno con un centro de coordinación o centro de barrio principal (Manzanilla, 2009, 2012:20). Cada centro de barrio equidistante uno del otro de manera ortogonal: Al NW el centro de barrio principal fue Tetitla, al SW La Ventilla, al SE Teopancaczo y al NE queda una zona que no se ha estudiado y se ha propuesto que en dicho sector (N2E2/N2E1) pudo estar el cuarto centro de barrio teniendo todos a La Ciudadela y el Gran Conjunto como centro del modelo (Ortiz, 2015). En el 2018 se inició El Proyecto Interdisciplinario para la localización de un nuevo centro de barrio en Teotihuacan (México) a cargo de La Universidad de Barcelona y el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM en el sector N2E2 con fondos de la Palarq, aplicando técnicas geofísicas (Geor-radar, estudios eléctricos y magnéticos, topografía, foto aérea con dron y revisión de los materiales en superficie. La conferencia tiene la finalidad de mostrar los primeros resultados obtenidos.

AR-7 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIOS CON GEORRADAR EN LA CATEDRAL DE SAN ILDEFONSO MÉRIDA

Blancas Vázquez Jorge¹, Barba Pingarrón Luis Alberto², Ortiz Butrón Agustín², Bernal Itzayana³ y Medina Victor Hugo⁴

¹Instituto de Geofísica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, IGF-IIA UNAM

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

⁴Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán
jorgeblancas@unam.mx

El objetivo de este trabajo es presentar resultados preliminares del Proyecto "Análisis del primer programa funerario de la Catedral de Mérida en el siglo XVI". La Facultad de Antropología de la Universidad Autónoma de Yucatán, el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Antropología e Historia de Yucatán trabajan juntos para llevar a cabo un proyecto para estudiar el piso del interior de la catedral usando un georradar. El hallazgo importante de un documento de 1574 que describe el interior de la Catedral de San Ildefonso y que ofrece los nombres de las personas y los lugares que eligieron para sus tumbas fue el comienzo para verificar los espacios funerarios construidos durante el Obispado de Fray Diego de Landa. Después de un tiempo de estudios detallados se obtuvieron resultados interesantes al detectar varias anomalías ubicadas debajo del piso de mármol actual de la catedral. En total, se levantaron casi 6500 metros lineales haciendo módulos con intervalos entre

transectos de 50 centímetros. Un espacio distintivo fue la Capilla del Cristo de las Ampollas que tiene una cripta subterránea, previamente conocida, que sirvió como área de calibración para el proyecto. El subsuelo de la Catedral ha sido históricamente un espacio dinámico, utilizado como cementerio y optimizado para satisfacer las necesidades creadas por el crecimiento de la población. El análisis permite pensar en el dinamismo, porque las áreas específicas sugieren una gran cantidad de movimiento y cambios, corroborando la información histórica sobre las prácticas funerarias coloniales en Mérida. Sin embargo, el estudio detectó áreas que coinciden con la estructura dibujada en el plan de 1574 que sugiere poca alteración. Algunas de estas áreas estaban destinadas a familias prominentes como la tumba adquirida por Doña Andrea del Castillo, esposa de Francisco de Montejo, El Mozo. Esta circunstancia abre nuevamente la discusión sobre el destino final del conquistador y fundador de la ciudad de Mérida

AR-8

VERTISOLES EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS EN EL VALLE DEL LERMA, MICHOACÁN Y SU RELACIÓN CON LAS CAUSAS AMBIENTALES DE SU ABANDONO EN EL CLÁSICO TARDÍO

Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Sedov Sergey², Darras Veronique¹,

Beltrán Paz Ofelia Ivette³ y Chávez Vergara Bruno Manuel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³UNAM

solleiro@geologia.unam.mx

Entre 2015 y 2017, se llevaron a cabo excavaciones en el área de Tres Mezquites, Michoacán, dentro de la cuenca del Río Lerma, para estimar la naturaleza y densidad de los asentamientos pre-hispánicos en la planicie aluvial. Gracias al estudio sistemático del sitio, se detectaron anomalías que identificaron 206 sitios arqueológicos distribuidos en el piedemonte y la llanura aluvial. Se localizaron materiales desde el pre Clásico al Epiclásico (200 B.C. – 900 A.D.). Uno de los sitios estudiados, localizado en el piedemonte de El Pitayo, corresponde con una casa con ocho niveles de ocupación, separados por estratos de destrucción (por ejemplo, adobe o estructuras de bajareque colapsadas). Se llevó a cabo, entonces, un estudio detallado aplicando técnicas geoarqueológicas para determinar las causas de la destrucción. En prácticamente todas las paredes, encontramos restos de "tierra" negra. Se hizo un recorrido en los alrededores del sitio para determinar la procedencia del material. Identificamos en las laderas del piedemonte, la ocurrencia de Vertisoles negros, arcillo limosos. Las propiedades de dichos suelos (textura, pH, susceptibilidad magnética, color, estructura y microestructura) coinciden con las de la tierra negra dentro de la casa. Adicionalmente, se encontró en uno de los horizontes de los Vertisoles, una gran cantidad de vidrio volcánico poco intemperizado, por lo que se sugiere que la destrucción parcial de la casa puede deberse a procesos de remoción en masa derivados de una erupción volcánica.

AR-9

ARQUEOLOGÍA DEL ÁMBITO DOMÉSTICO EN EL RIF MARROQUÍ. UNA PROPUESTA INTERDISCIPLINARIA

Ramírez Rodríguez F. T. Azul U.¹, González Hernández Galia², Beramendi

Orosco Laura³, Martínez Yrizar Diana⁴ y McClung Heumann Emily¹

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

azulramirez108@gmail.com

El estudio arqueológico de las sociedades autóctonas (amaziges/bereberes) de las montañas del norte de Marruecos (Rif) conlleva diferentes problemáticas como son; su ubicación geográfica (zona montañosa de difícil acceso), algunas coyunturas históricas que provocaron el aislamiento del territorio por largos periodos y otros derivados de las particularidades de la organización sociopolítica de estos grupos humanos que dio lugar a un patrón de asentamiento disperso y a la ausencia de edificios administrativos. En este contexto el estudio de unidades domésticas arqueológicas resulta de gran relevancia ya que a través del mismo es posible entender aspectos económicos, religiosos sociales y políticos de una totalidad societaria. En esta ponencia se presenta una propuesta interdisciplinaria, a través de una estrategia de investigación etnoarqueológica y el uso de técnicas arqueométricas como la datación por 14C de residuos orgánicos y su identificación, encontrados en los materiales constructivos de estas viviendas, con la finalidad de conocer su temporalidad.

AR-10

GEOARQUEOLOGÍA EN UN CONTEXTO DE CAZADORES-RECOLECTORES DE LA CUENCA DE MÉXICO. EVIDENCIAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE SUELOS ARTIFICIALES Y DELIMITACIÓN DEL ESPACIO DE OCUPACIÓN

Rivera-González Iran Iraís¹, Coba-Morales Luis Alberto¹, Acosta Ochoa Guillermo², Sedov Sergey³, McClung Heumann Emily², Beramendi Orosco Laura⁴ y González Hernández Gallia⁵

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

⁵Instituto de Geofísica, UNAM

atonqueen@gmail.com

Se realizaron análisis multiproxy (fluorescencia de rayos X, susceptibilidad magnética y microrestos) en cuatro pozos de excavación arqueológica que se encuentran en el sitio El Tajín, en San Gregorio Atapulco, Xochimilco. Este sitio se caracteriza por la presencia de grupos de cazadores-recolectores durante el Holoceno medio (6,300 cal. AP). Durante este período hay una marcada actividad humana acompañada de la construcción de suelos artificiales. Previo a estas ocupaciones hay una intensa actividad volcánica en la Cuenca de México que dejó evidencias importantes y que ha servido como marcadores cronoestratigráficos con los cuales ha sido posible identificar las características pedológicas previas a los campamentos humanos. El objetivo de esta presentación es localizar los indicadores de los eventos pedológicos y sedimentarios que conformaron al sitio arqueológico, así como delimitar la extensión del mismo. Esta información es importante ya que la delimitación territorial nos brinda datos sobre las actividades que se pudieron llevar a cabo en la zona así como reconocer las estrategias de subsistencia de estos grupos precerámicos.

AR-11 PLÁTICA INVITADA

PALEOPEDOLOGÍA, PALEOAMBIENTE Y EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS EN GUINEA ECUATORIAL

Cruz y Cruz Tamara¹, Terrazas Mata Alejandro¹, Sedov Sergey² y Benavente Sanvicente Martha³

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

tamczyc@yahoo.com.mx

Debido a que la región de Montes Camerún-Monte Alen-Monte Mitra-Montes de Cristal (Camerún, Guinea Ecuatorial y Gabón) tiene uno de los índices más altos de biodiversidad y endemismo botánico en África, se ha postulado que no se han producido cambios ambientales importantes desde el final del Mioceno, siendo uno de los bosques tropicales más antiguos del continente. En Guinea Ecuatorial se han recuperado artefactos arqueológicos del Middle Stone Age (MSA), lo que indica que la selva tropical fue habitada por grupos humanos durante ese período. Por ello, se implementó el proyecto "Establecimiento temprano del Homo sapiens en la selva tropical de Guinea Ecuatorial", para documentar el inicio de la colonización de las selvas tropicales de África Central y las posibles adaptaciones y estrategias de subsistencia que los grupos de cazadores-recolectores implementaron para sobrevivir en este entorno. Con el objetivo de establecer las condiciones ambientales al momento de la ocupación humana, se analizaron las secuencias pedo-sedimentarias asociadas a un yacimiento arqueológico en Mabewe, que contienen artefactos líticos de diagnóstico de las tradiciones Sangoan y Lupemban del MSA de África Central. Los análisis físicos y químicos realizados fueron: textura, susceptibilidad magnética, contenido de hierro (Fed), carbono orgánico total (COT), fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de Rayos X (DRX) y micromorfología. Los resultados muestran características muy similares a lo largo de la secuencia, coincidentes con pocos cambios en las condiciones ambientales generales a través del tiempo. Sin embargo, se observa un gran dinamismo ambiental en la formación de los yacimientos arqueológicos que requieren de estudios más detallados.

AR-12

EVIDENCIA DE OCUPACIÓN POSTERIOR A LA CAÍDA DE EL TAJÍN, VERACRUZ: DATACIÓN POR TERMOLUMINISCENCIA Y CARACTERIZACIÓN CERÁMICA

Ramírez Luna Angel¹, Galeana Cruz Elizabeth², Linares López Carlos³, Schaaf Peter¹ y Barba Pingarrón Luis Alberto³

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto Nacional de Antropología e Historia

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

rangel@geofisica.unam.mx

El Tajín, Veracruz, México, es un sitio arqueológico precolombino considerado capital del imperio Totonaca, su cronología se estima iniciando en el año 350 d.C. y su caída en el año 1100 d.C., llegando a su apogeo en el periodo epiclásico entre los años 600 y 900 d.C., se sospecha que tuvo ocupaciones posteriores a su caída, sin embargo, no existen evidencias de materiales culturales que

soporten dicho planteamiento. El cauce de un arroyo que bordea El Tajín fue dejando al descubierto un par de elementos que fueron identificados, registrados y posteriormente intervenidos. En campo se lograron identificar los fragmentos de una olla dentro de uno de los elementos, al analizar la vasija macroscópicamente se definió como de uso doméstico del tipo Café erosionado, sin embargo, la forma y el estilo no permitieron considerarla como material diagnóstico temporal para poder ubicarla dentro de la secuencia ocupacional de El Tajín, del 350 al 1100 d. C. [1] y porque se siguen utilizando formas semejantes en la actualidad[2]. Esta falta de claridad otorgada por los materiales cerámicos, el uso actual de la forma de la vasija, y la posibilidad de corresponder a una ocupación posterior a la decadencia de El Tajín, radica la importancia del análisis más exhaustivo de esta olla. La caracterización del fragmento de olla analizada se conformó por su descripción física, por su datación por el método de termoluminiscencia, por el análisis químico de sus residuos orgánicos e inorgánicos además de su análisis mineralógico por microscopía electrónica de barrido realizando espectrometría de energía dispersada de rayos X (EDS). La datación por termoluminiscencia arrojó una edad relativa de 1760±25 d.C. esto confirma la existencia de ocupaciones posteriores a la caída de El Tajín, el análisis mineralógico muestra que la arcilla contiene un 60% de plagioclasa, 15% de calcita, 5% de cuarzo principalmente. Del análisis químico de residuos orgánicos e inorgánicos se infiere que muy posiblemente la olla se utilizó como contenedor de agua por la gran cantidad de carbonatos presentes corroborando la descripción morfológica que se realizó de la olla como contenedor, adicionalmente la baja concentración de proteínas y la falta de evidencia de haberse expuesto al fuego, descarta su uso en la preparación de alimentos o para contener alimentos con alto contenido proteico como por ejemplo la carne. [1] Pascual, A., (2006). El Tajín: en Busca de los Orígenes de una Civilización México, UNAM-IE, INAH. [2] Galeana, E., et al, (2014), Informe técnico, manuscrito, Archivo Técnico de la Zona de Monumentos Arqueológicos El Tajín, del Centro INAH Veracruz y de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH. Keywords: Datación cerámica, Termoluminiscencia, Tajín, Cronología.

AR-13

NUEVOS APORTES A LA CRONOLOGÍA DEL CONJUNTO PLAZA DE LA PIRÁMIDE DEL SOL, TEOTIHUACÁN

Lozano Bravo Hilda¹, Soler Arechalde Ana María² y Barba Pingarrón Luis Alberto³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

yiletzi@gmail.com

Durante las excavaciones realizadas en el 2014 en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, en Teotihuacán, se recuperaron muestras de tres niveles de piso. Cada uno de estos niveles se encuentra relacionado con una etapa constructiva de esta plaza. Este conjunto arquitectónico fue sin duda, de gran importancia para la sociedad teotihuacana. Prueba de ello es que alberga el basamento piramidal más grande de todo el sitio arqueológico. Los análisis arqueomagnéticos en pisos de estuco quemados siguen dando excelentes resultados, y este caso no fue la excepción. Sin embargo, también se hicieron análisis de muestras de pisos no quemados y otros de pisos de calcita natural (no cal), de los cuales también obtuvimos resultados exitosos. Gracias a estos análisis realizados a los tres pisos teotihuacanos, hoy podemos situar en el tiempo las cuatro grandes etapas constructivas, detectadas hasta el momento, que conforman esta plaza. Los resultados obtenidos de estos estudios nos dan información que nos permite observar el vínculo existente entre las modificaciones ocurridas en este conjunto arquitectónico y algunos de los procesos político-sociales que tuvieron lugar en la historia de la sociedad teotihuacana.

AR-14

ESTUDIOS DE ARQUEOINTENSIDAD SOBRE CERÁMICAS PREHISPÁNICAS EN GUANAJUATO, SITIOS: ALFARO, APASEO EL GRANDE Y SANTA TERESA MARAVATÍO

López Delgado Verónica¹, Gogichaishvili Avto² y Rodríguez Rodríguez Lidia Iris³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica-Unidad Michoacán

³Centro INAH Guanajuato

verol@ciencias.unam.mx

Tiestos cerámicos de tres sitios en el estado de Guanajuato fueron estudiados arqueomagnéticamente obteniendo la arqueointensidad de cerámicas de los sitios Alfaro, Apaseo El Grande y Santa Teresa Maravatío. La determinación de arqueointensidad se comparó con modelos globales de campo magnético terrestre antiguo para estimar edad aproximada de manufactura cerámica. La estimación de fechas de elaboración enriquece la historia y arqueología del Occidente de México.

AR-15

CHINAMPAS ARQUEOLÓGICAS DE XOCHIMILCO: ESTRUCTURA Y CRONOLOGÍA

Acosta Ochoa Guillermo¹, McClung Heumann Emily², Díaz Espinoza Kenya³, Beramendi Orosco Laura⁴, Martínez Yrizar Diana⁵, González Hernández Gallia⁶ y García Gómez Víctor Hugo⁷

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas UNAM, IIA-UNAM

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, IIA-UNAM

³Escuela Nacional de Antropología e Historia

⁴Instituto de Geología, UNAM

⁵Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁶Instituto de Geofísica, UNAM

⁷acostaocchoa@gmail.com

El sistema agrícola intensivo de origen prehispánico conocido como chinampa se caracteriza por su alta productividad, lo que llevó a plantear a algunos investigadores que este sistema fue la base de la alimentación de las sociedades del Postclásico Tardío (1350-1521 AD). Desgraciadamente, son escasos los estudios sistemáticos que abordan este sistema agrícola desde una perspectiva arqueológica, tanto en sus características espaciales y cronológicas, como en su estructura geoarqueológica como antrosol. En el presente trabajo exponemos los resultados de nuestras investigaciones en el sitio chinampero El Japón, en Xochimilco, CDMX, mediante el análisis geoquímico, de Fluorescencia de rayos X, Micromorfología, análisis paleobotánico y dataciones de radiocarbono, con el fin de evaluar su temporalidad y estructura espacial y pedológica. Se comparan los resultados con una chinampa moderna y se proponen estrategias para su estudio y conservación a mediano plazo.

AR-16 PLÁTICA INVITADA

RECONSTRUCCIÓN DE LA DIETA DE UN SITIO ARQUEOLÓGICO PRECERÁMICO, SAN GREGORIO ATLAPULCO, POR MEDIO DE LA IDENTIFICACIÓN DE ALMIDONES

Cruz Palma Jorge Ezra¹, Vera Naranjo María Belén² y Chaparro Rueda Diana Berenice³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

ezrajorge@gmail.com

Uno de los principales problemas de investigación arqueológica para la Cuenca de México es el escaso interés que se le ha otorgado al periodo anterior a la aparición de la cerámica, y no obstante la presencia constante de materiales pertenecientes a este periodo, muchos de ellos son resultado de hallazgos fortuitos. Por otro lado, los estudios sobre desarrollo de la agricultura y sedentarismo temprano como los llevados por Niederberger (1976, 1979), si bien fueron un aporte muy importante, dejaron importantes incógnitas, principalmente sobre la posible introducción tardía de plantas domesticadas en la Cuenca en comparación con el resto de Mesoamérica (Acosta 2014). Los materiales orgánicos que pueden brindar información a los arqueólogos, a veces es limitada por las condiciones ambientales desfavorables y también por los límites de las técnicas empleadas. Dependiendo donde sea aplicada la técnica de extracción de almidones puede arrojar datos específicos que nos permiten interpretar sobre su dieta vegetal, función de artefactos, el uso y diversidad del manejo de recursos vegetales que tenían las sociedades estudiadas. Cabe señalar que lo ideal es complementar los resultados obtenidos por esta técnica con otras, como: Polen, fitolitos, análisis químicos, análisis de elementos traza e isotópicos. Se decidió aplicar la técnica de extracción e identificación de almidones en dos de las principales ocupaciones identificadas, la más temprana alrededor del 5000 a. C. y la tardía 3,500 a. C. Dependiendo donde sea utilizada nos arrojará información distinta, si se aplica en artefactos nos brindará conocimiento sobre para que fue utilizado, si la usamos en pisos, nos permitirá saber áreas de actividad de procesamiento de vegetales y si la aplicamos en cálculos dentales, nos permite saber de manera directa que estaban comiendo. Los resultados muestran especies vegetales que formaron la alimentación básica en Mesoamérica e incluso en nuestros días como: frijol, maíz, chile, tomate verde y algunos tubérculos que han perdido presencia como la Canna edulis, acaxochitl, Achira o Sagú. Incluso podemos inferir algunos probables platillos, como salsas verdes y pescados asados al carbón. Quedando pendiente la distinción certera entre maíces domesticados y teocintes.

AR-17 CARTEL

ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA DURANTE LOS PERIODOS FORMATIVO TEMPRANO Y MEDIO EN EL VALLE DE TEOTIHUACÁN, MÉXICO

McClung Heumann Emily¹, Acosta Ochoa Guillermo², Martínez Yrizar Diana³, Adrián Morán Carmen Cristina⁴, Cruz Palma Jorge Ezra⁵ y Chaparro Rueda Diana Berenice⁶

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

emily.mcclungtapia@gmail.com

La domesticación de plantas en Mesoamérica durante el Holoceno tiene una larga historia que abarca aproximadamente 6000-7000 años, desde el final del Younger Dryas hasta el evento climático de 2,200 cal A.C. Las plantas domesticadas se

agregaron gradualmente a las prácticas alimentarias mesoamericanas durante muchos milenios, con cambios culturales lentos a ritmos variables. En la cuenca de México, las comunidades agrícolas sedentarias estaban presentes en el sector sur de la región desde al menos 1, 200 A.C. Sin embargo, la expansión inicial hacia el sector semiárido del norte de la cuenca parece haber tenido lugar al final del Formativo Temprano, durante la transición al Formativo Medio cuando las economías agrícolas basadas en el cultivo de maíz estaban firmemente establecidas, preparando el escenario para el aumento de la densidad de población y complejidad social correspondiente. En este escenario, el sitio de Altica es de particular importancia. Actualmente es la única comunidad en el Valle de Teotihuacán que abarcó este período de transición y que ha sobrevivido a los intensos cambios en el uso de la tierra de los últimos tres milenios. La evidencia macro y microbotánica recuperada de contextos con dataciones de radiocarbono excavados en Altica proporciona evidencia para el cultivo de maíz complementado con la recolección de recursos silvestres. Los taxa recuperados en sedimentos indican la presencia de maíz así como varias plantas silvestres, comestibles en su mayoría pero también componentes de la flora circundante del sitio, lo cual sugiere la posibilidad de su incorporación en la dieta de los habitantes. También los fitolitos obtenidos de implementos líticos representan plantas asociadas principalmente con la flora circundante aunque las fibras de Agave también pudieron haber representado el uso del maguey como alimento. Los gránulos de almidón presentes en el sedimento adherido a los implementos así como los poros de la piedra, indican el procesamiento de plantas domesticadas (maíz, frijol, chile), así como tubérculos (ñame, yuca, etc.), pocas veces conservados en sitios arqueológicos del centro de México. El conjunto de plantas procedentes de Altica sugieren un manejo productivo consistente con el concepto de milpa, y representan una economía de subsistencia en transición, antes de establecerse una dependencia intensiva de una gama más amplia de plantas cultivadas y domesticadas.

AR-18 CARTEL

PREPARACIÓN DE COMIDAS RITUALES EN EL MORABITO (AMRABD) DE SIDI ABDLAH N TAZIMI: UN ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO EN EL SITIO DE 'DCAR ACEMERAR' (PUEBLO BLANCO) DEL RIF CENTRAL MARROQUÍ

Ramírez Rodríguez F. T. Azul U., Hernández Grajales Meztli, Ortiz Butrón Agustín y Barba Pingarrón Luis Alberto
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, IIA UNAM
azulramirez108@gmail.com

Las estructuras funerarias que resguardan los restos mortales de santos sufíes (amazige: sing. amrabd, pl. imradden) en el noreste marroquí, si bien, tienen un vínculo con la tradición sufi del islam marroquí –que se diseminó por la región entre los siglos XI y XII–, se hallan estrechamente ligadas con una cosmovisión amazige preislámica en donde se equiparaba la fertilidad femenina con la fertilidad de la tierra. Los ritos que se ejecutan en estos espacios involucran la preparación de alimentos al interior de las estructuras funerarias. En este trabajo se hace un análisis comparativo de los resultados de los análisis de residuos químicos y los datos aportados por la etnografía respecto al tipo de alimentos rituales que se preparan y se consumen en estos espacios sacros.

AR-19 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA ARQUEOICHTIOFAUNA E INFERENCIAS DE SU USO EN EL SITIO ENSENADA DE MUERTOS, BAJA CALIFORNIA SUR

Meraz Munguía Miriam A.¹, González Barba Gerardo² y Guzmán Ana Fabiola³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Instituto Nacional de Antropología e Historia

miriam.meraz.m@gmail.com

Durante el Holoceno las condiciones climáticas fueron variables, lo que repercutió en la continua migración de los grupos humanos en busca de lugares adecuados para vivir. Los vestigios arqueológicos indican que la primera ocupación para el sitio Ensenada de Muertos fue durante el Holoceno medio (8200-4200 años aP -antes del presente-), eran grupos pequeños con llegadas estacionales y se dio un incremento en grupos numerosos y mejor organizados hacia el Holoceno tardío (4200 años aP-Reciente), en este último periodo, la explotación de recursos marinos aumentó significativamente. Sin embargo, el conocimiento arqueoiológico en la península de Baja California está contenido principalmente en las descripciones de los misioneros jesuitas, cuyos testimonios corresponden a etapas históricas recientes, por lo que el conocimiento que se tiene acerca de los recursos ícticos utilizados por los antiguos californios es limitado. El objetivo de este trabajo es realizar el análisis taxonómico y espacio temporal de la arqueoiictiofauna y su utilización por parte de los antiguos californios en el sitio Ensenada de Muertos, con ello se espera demostrar que la dominancia y constancia de especies ícticas presentes en las excavaciones expresan un reflejo de la ecología de la zona y la estacionalidad de la pesquería realizada por los antiguos californios. El material proviene de las excavaciones efectuadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia durante el 2003, en la Ensenada de Muertos en Baja California Sur. La identificación de la arqueoiictiofauna se hará a través de la comparación de las piezas con colecciones osteológicas recientes, literatura especializada y diversos recursos

de internet, además se calcularán estimadores de abundancia, índices ecológicos y medidas de diversidad.

AR-20 CARTEL

ARTEFACTOS DE MOLIENDA, ANÁLISIS DE HUELLAS DE USO Y EXPLOTACIÓN DE RECURSOS LACUSTRES: EL CASO DE SAN GREGORIO ATLAPULCO

Pérez Martínez Patricia¹, Reyes Armella Marcos Alejandro¹, Cruz Palma Jorge Ezra², Rodríguez Miguez Jessica³ y Acosta Ochoa Guillermo³

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

²Posgrado en Antropología (UNAM)

³Instituto de Investigaciones Antropológicas (UNAM)
patyperezmtz@gmail.com

Los procesos que condujeron a la transición de pequeños grupos móviles de cazadores-recolectores en el Pleistoceno Superior a comunidades sedentarias hacia el Holoceno al sur de la Cuenca de México son poco conocidos. El sitio de San Gregorio, Atlapulco fue ocupado durante el Holoceno medio, y las excavaciones han revelado un rico registro arqueológico que nos ha permitido investigar las estrategias de subsistencia durante este período de transición. Un estudio funcional de piedras de molienda recuperadas de la unidad A de las excavaciones en San Gregorio Atlapulco, datadas en 4200-3800 ANE, dieron como resultado la presencia de un alto rango de plantas explotadas durante este período de ocupación precerámica. Los residuos de almidón muestran especies vegetales que formaron la alimentación básica en Mesoamérica como: frijol, maíz, chile, tomate verde y algunos tubérculos que han perdido presencia como la *Canna edulis*, *acaxochitl*, *Achira* o *Sagú* y presencia de plantas acuáticas (*Schoenoplectus* sp.). Los resultados sugieren que el uso de piedras de molienda para procesar alimentos vegetales jugó un papel importante en la estrategia de subsistencia durante el período de transición a la aparición de las primeras aldeas.

AR-21 CARTEL

FORMACIÓN DE SUELO Y TASAS DE SEDIMENTACIÓN EN TERRAZAS AGRÍCOLAS PREHISPÁNICAS EN EL MALACACHTEPEC MOMOXCO, AL SURORIENTE DE LA CUENCA DE MÉXICO

Celedón Muñiz Héctor¹, McClung Heumann Emily², Mora Palomino Lucy³ y Rodríguez Monica⁴

¹Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, FFyL-UNAM

²Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente, Instituto de Investigaciones Antropológicas

³Departamento de Edafología, Instituto de Geología

⁴Geografía, Facultad de Filosofía y Letras
chimali1964@yahoo.com.mx

El suelo como elemento natural y parte de los ecosistemas, posee tiempos de formación que están relacionados con los elementos naturales abióticos y bióticos propios de los sitios en donde se localizan. La formación de este importante elemento de nuestro planeta depende de varios factores como el material parental, el clima y el tiempo, que en la gran mayoría de los casos alcanza los cientos o miles de años para la formación de un centímetro. En el México antiguo y hasta nuestros días, las estrategias agrícolas para el aprovechamiento de este recurso natural en la elaboración de medios de cultivo estables para el desarrollo de plantas alimenticias, ha sido bastante variado y van desde sistemas extensivos y de mediana intensidad hasta intensivos con acondicionamiento del suelo, pasando por sistemas especiales de producción (Borejsza, 2008, Rojas, 1990, 2014). Los sistemas intensivos varían en cuanto a su intensidad, algunos pueden ser tan intensivos que prácticamente no descansan en su utilización para la producción de cultivos vegetales como las chinampas, que son clasificados como uno de los sistemas más productivos del mundo. (Rojas 2014) Otros clasificados como intensivos en menor proporción y normalmente situados en áreas geográficas de montaña con pendientes pronunciadas y con un periodo de sequía que alcanza hasta siete o nueve meses, fueron elaborados fundamentalmente para la retención de humedad, permitiendo de esta manera, el acortamiento en el periodo de descanso al tener las plantas los nutrientes necesarios disponibles para su desarrollo. Otro importante efecto en la elaboración de terrazas agrícolas fue sin duda la acumulación de sedimentos y la consecuente formación de suelo. Este trabajo muestra el análisis de las tasas de sedimentación de terrenos asociados a los diferentes tipos de terrazas prehispánicas en una zona del Malacachtepec Momoxco. La localidad se ubica en las inmediaciones del volcán Tehutli, en donde domina un paisaje con derrames volcánicos de diferente edad pertenecientes a la Sierra de Chichinautzin. Palabras clave: Terrazas prehispánicas, suelos y tasas de sedimentación. Proyecto: PAPIIT-IG400217 "Impacto humano en el área de Xochimilco durante los últimos 8,000 años".

AR-22 CARTEL

INVESTIGACIONES RECIENTES EN EL SITIO ARQUEO-PALEONTOLÓGICO DE SANTIAGO CHAZUMBA, OAXACA

Rivera-González Iran Irais¹, Cruz y Cruz Tamara², Pérez-Crespo Víctor Adrián³, Acosta Ochoa Guillermo², Viñas-Vallverdú Ramón⁴, Arroyo-Cabral Joaquín⁵ y Morales Puente Pedro⁶

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Instituto de Paleocología Humana y Evolución Social

⁵Instituto Nacional de Antropología e Historia

⁶Instituto de Geología, UNAM

atonqueen@gmail.com

El yacimiento paleontológico que se ubica en la Barranca del Muerto en Villa de Santiago Chazumba, Oaxaca, ha sido intervenido durante diez temporadas de campo. Entre la fauna localizada se encuentran: gonfoterio (*Proboscidea*, *Curvieronis* sp.), perezoso gigante (*Eremotherium laurilli*), milodonte (*Paramylodon harlani*) y gliptodonte (*Glyptotherium* sp.) entre otros. Estos restos se han recuperado a través del trabajo de paleontólogos y arqueólogos, principalmente bajo la premisa de localizar evidencias humanas asociadas a megafauna en el Pleistoceno final. Durante las últimas temporadas de campo se realizaron muestreos para conocer las características de formación del registro edafosedimentario por medio de análisis de micromorfología, palinología e isótopos estables. Con el objetivo de conocer la distribución de los restos paleontológicos se implementó la prospección aérea con un dron y se realizó un mapa con dicha información. En este estudio se presentarán los resultados preliminares de las metodologías implementadas para el estudio del yacimiento.

AR-23 CARTEL

RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO GEOMAGNÉTICO REALIZADO EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE CHICHÉN ITZÁ, EN EL AÑO 2014

Jiménez Romero Wendy Cristell¹, Hernández Quintero Juan Esteban², Cifuentes Nava Gerardo² y Caccavari Garza Ana²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²Servicio Magnético. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
wendchristell@gmail.com

Los resultados de la Tomografía de Resistividad Eléctrica realizada entre 2014 y 2015 en la Zona Arqueológica de Chichén Itzá por el grupo de Exploración del Instituto de Geofísica de la UNAM, han sido ampliamente difundidos. Particularmente el estudio del subsuelo en la pirámide del Castillo o templo de Kukulcán. Durante la campaña realizada en 2014, se realizaron estudios de geomagnetismo entre el Castillo y el Juego de pelota, así como en el área denominada Chichén Viejo. El trabajo que se presenta tiene por objeto mostrar los resultados de esta información con el fin de complementar y enriquecer el estudio anterior mediante una descripción detallada del trabajo en geomagnetismo y exploración magnetométrica. Esta descripción considera el control de calidad de los datos mediante estadística básica; y los mapas obtenidos de gradiente vertical en el área de estudio. Se describe también el seguimiento de la variación histórica de la declinación magnética; la cual indica una aproximación de la línea agónica hacia el área de estudio. Finalmente se muestra un modelo preliminar del subsuelo somero, complementado con la información geológica, histórica o arqueológica disponible.

AR-24 CARTEL

PROPUESTA TÉCNICA DE UN ROVER PARA PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA

Carrillo Vargas Armando¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, Argote Espino Denisse L.², López García Pedro A.³, Ortuño Chanele Stephany⁴ y Sandoval Quintana Osiris⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Dirección de Estudios Arqueológicos, Instituto Nacional de Antropología e Historia

³Posgrado en Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia

⁴Licenciatura en Geociencias, Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM
armano@igeofisica.unam.mx

Se presenta la propuesta técnica del diseño y construcción de un vehículo autónomo no tripulado (rover) para la prospección arqueológica, basada en la experiencia desarrollada en el Laboratorio de Electrónica de la Unidad Michoacán del Instituto de Geofísica de la UNAM (LE-IGUM). El desarrollo de diversos modelos de CANSAT (satélites enlatados) dentro de programas de la Agencia Espacial Mexicana, la Red Universitaria del Espacio y el Programa Espacial Universitario, así como rovers fabricados en el LE-IGUM, son la base para el desarrollo de la fundamentan esta propuesta. El uso de tecnología electrónica open-source, como Arduino y Raspberry, son la base de estos sistemas, incorporando diversos sensores básicos (temperatura, altura, presión y humedad) y avanzados (imágenes de alta definición, campo magnético, tracción, etc.). El diseño contempla no sólo vehículos de tracción sino además de caída libre controlada, que los cuales permiten coadyuvar a la prospección arqueológica en sitios de difícil acceso para una persona, donde de

forma que los arqueólogos puedan planificar una mejor intervención de un sitio de interés de una forma poco invasiva.

AR-25 CARTEL

ESTUDIO DE UN CONJUNTO PICTÓRICO RUPESTRE EN CHALCATZINGO MORELOS

García Gómez Víctor Hugo¹, Acosta Ochoa Guillermo², Canseco Nava Arturo Salvador¹, López Hernández Alejandro², Castillo Hernández Mario Alberto³, Córdova Tello Mario³, Meza Carolina³ y Amador Bech Julio⁴

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia

²Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM

³Centro INAH Morelos

⁴Facultad de Ciencias Políticas y Sociales-UNAM
victortigarcia@gmail.com

Se expone de forma preliminar los resultados que hemos obtenido en el estudio realizado en un conjunto pictórico rupestre ubicado en sitio de Chalcatzingo, Morelos. Esto como parte de un programa de acción que tiene como objetivo la documentación y la elaboración de un diagnóstico del estado de preservación del conjunto para la creación de un plan de acción para la conservación del patrimonio pictórico rupestre del sitio. Los estudios realizados fueron: a) Fotogrametría aérea mediante dron, b) Fotogrametría de rango cercano del conjunto en luz visible (RGB) e infrarrojo cercano (NIR), c) Microscopía digital de las pinturas, y, d) Análisis composicional mediante Fluorescencia de Rayos X (XRF). Como resultados del estudio fotogramétrico con dron contamos con datos geoespaciales del área de estudio, mientras que con la fotogrametría de rango cercano realizamos un registro detallado de la ubicación de las pinturas rupestres, la forma en la que éstas se encuentran integradas, las características del soporte y la recuperación de rasgos que no son perceptibles a simple vista. La microscopía digital nos permitió conocer las técnicas de manufactura, el grado de preservación y los elementos que la deterioran. El análisis composicional de XRF nos permitió evaluar el tipo de pigmentos empleados, la composición de la roca soporte y de los escurrimientos que la deterioran.

AR-26 CARTEL

ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO DE RECUBRIMIENTOS NEGROS DE CERÁMICA PREHISPÁNICA DEL GOLFO DE MÉXICO

Daneels Annick¹, Romo de Vivar Alfonso¹, Linares Arellí², Tapia Everardo², Reyes Marisol², León Mayra², Cienfuegos Alvarado Edith³, Morales Puente Pedro³ y Otero Trujano Francisco Javier³

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Laboratorio de Isótopos Estables, Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.
annickdaneels@hotmail.com

Los recubrimientos de pintura negra son comunes en vasijas y figurillas de la Cultura Remojadas del Centro de Veracruz, entre los años 100 a.C. y 900 d.C. Un estudio antiguo consideraba esta pintura hecha de látex de una Moracea, con un poco de bitumen, sin indicar el método por el que se llegó a la conclusión. Para evaluar esta propuesta, se estudiaron 20 muestras de un sitio de la Cultura Remojadas: 14 recubrimientos de ollas, 5 de pinturas aplicadas en figurillas y 1 de un residuo de tratamiento térmico de un producto interpretado como bitumen del interior de una olla. Se aplicó el método estándar de análisis de bitumen, combinando cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM), además del análisis isotópico de ¹³C, comparando los resultados con datos publicados de yacimientos de la Costa del Golfo. La conclusión es que todas las muestras presentan bitumen sin látex, que probablemente provienen de yacimientos cercanos. Este trabajo representa el tercer estudio de análisis de bitumen prehispánico en el continente americano, ofreciendo información comparable sobre el uso por las antiguas culturas del Nuevo Mundo de este recurso importante pero poco conocido.

AR-27 CARTEL

COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE CARBONO EN MATERIA ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LAS OCUPACIONES PRECERÁMICAS EN SAN GREGORIO ATLAPULCO DURANTE EL HOLOCENO MEDIO

Beramendi Orosco Laura¹, González Hernández Galia², Acosta Ochoa Guillermo³, McClung Heumann Emily³, García Gómez Víctor Hugo⁴ y Rivera-González Iran Irais⁴

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, IGI, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁴Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM
laurab@geologia.unam.mx

San Gregorio Atlapulco representa uno de los sitios con ocupación humana más temprana al sur de la Cuenca de México. A la fecha se han excavado dos unidades domésticas y 9 pozos en el marco del proyecto "Impacto Humano en el área de

Xochimilco durante los últimos 8000 años" (PAPIIT IG400217), con el objetivo por un lado de determinar la extensión de las ocupaciones precerámicas del Holoceno Medio, y por el otro lado de obtener una visión amplia de la adaptación humana al entorno lacustre durante esta etapa temprana. Uno de los parámetros que se estudian para lograr el segundo objetivo, es la composición isotópica de carbono (delta-13C) en materia orgánica total en muestras de diferentes capas con evidencia de ocupación humana. Los análisis se realizan por Espectrometría de Isótopos Estables en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, UNAM. El control cronológico se realizó mediante una cronología previamente reportada para las unidades habitacionales enriquecida con nuevas edades de 14C para los pozos. Los datos obtenidos hasta ahora presentan cambios significativos a lo largo de las secuencias, con valores que van entre -14.8 ‰ y -24.3 ‰, sugiriendo cambios ambientales significativos o incluso el cultivo de plantas C4. En este trabajo se compararán estos resultados con otros indicadores, incluyendo polen y almidones, para identificar los restos vegetales y entender mejor las causas de los cambios tan marcados en la composición isotópica de la materia orgánica.

AR-28 CARTEL

APORTACION A LA CRONOLOGIA DEL COMPLEJO PLAZA DE LAS COLUMNAS, TEOTIHUACAN

Soler Arechalde Ana María¹, Caballero Miranda Cecilia Irene¹, Barrera Alan², Osorio María del Carmen Jovana³, Hernández Arnaldo³ y Bernal Itzayana⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Facultad de Ingeniería, UNAM
anesoler@geofisica.unam.mx

Se mostrarán los resultados del muestreo para arqueomagnetismo con el propósito de contar con una cronología detallada del complejo Plaza de las Columnas en Teotihuacan (<http://ppcteotihuacan.org/es/pagina-de-inicio>). En 2015 se tomaron 31 muestras y 61 en 2016 en cinco perfiles. Las muestras son de estucos quemados y no quemados. Sólo 44 de las muestras dieron buenos resultados, lo que implica un éxito del 47%. Utilizando la curva de variación secular para México de datos arqueomagnéticos direccionales se realizaron las dataciones, empleando el programa RENDATE, que utiliza estadística bayesiana. Los resultados son concordantes con su posición estratigráfica, entre perfiles y las dataciones de radiocarbono obtenidas por el proyecto. Los resultados de los estucos afectados por el fuego muestran concordancia con cambios en las etapas constructivas de Teotihuacan, lo que nos hace suponer que dichas quemaduras eran de tipo ritual. Los resultados obtenidos son una nueva aportación a la cronología de Teotihuacan.

AR-29 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE UNA CRONOLOGÍA ARQUEOLÓGICA PARA EL ESTADO DE SINALOA

Vidal Aldana Cinthya Isabel¹, González Hernández

Galia², Beramendi Orosco Laura³ y Grave Tirado Alfonso⁴

¹Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴INAH, Sinaloa

cinthyavidal.a@gmail.com

Sinaloa es conocido en el panorama arqueológico nacional a partir de la cerámica decorada del Complejo Aztatlán, la cual se registró por primera vez en excavaciones efectuadas en Chametla, Culiacán y Guasave, durante la primera mitad del siglo XX, y más tarde fue localizada en contextos arqueológicos del estado de Durango. Actualmente, pese a los abundantes hallazgos de materiales arqueológicos y múltiples labores de investigación, la mayoría de los asentamientos prehispánicos ubicados en el estado de Sinaloa carecen de dataciones absolutas y su cronología se basa en la propuesta cronológica, elaborada por Charles Kelley y Howard Winters (1960) para el sitio La Ferrería, Durango. En este trabajo se presenta una nueva propuesta cronológica generada a partir del análisis de las dataciones radiocarbónicas ya existentes y de las obtenidas recientemente en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono de la UNAM para diferentes sitios estudiados en Sinaloa.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizador:

Felipe García Oliva

CS-1

PEDODIVERSIDAD EN LOS PAISAJES KÁRSTICOS DEL NORESTE DE YUCATÁN: PEDOGÉNESIS, PROCESOS GEOMÓRFICOS ACTUALES Y PASADOS

Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Griset Sara², Vela Daniel³, Sedov Sergey⁴ y López Martínez Rafael⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

solleiro@geologia.unam.mx

La península de Yucatán, constituida por rocas carbonatadas de diversas edades (Cretácico al Holoceno), representan uno de los sistemas kársticos más extensos a nivel mundial. Los procesos de disolución asociados a la karstificación están directamente relacionados a la actividad del CO₂ en los suelos. Este compuesto, producido por la respiración de la biota del suelo, al combinarse con el agua, produce H₂CO₃, el cual conlleva a la disolución. En consecuencia, se tienen procesos de formación de suelos, disolución de rocas y migración de suelo a través de los orificios formados por la disolución. En la costa de Quintana Roo, se han encontrado paleosuelos en bolsas kársticas en diversos niveles estratigráficos. Estos paleosuelos están litificados por carbonato de calcio como agente cementante. Para estudiarlos se levantaron secciones estratigráficas, marcando cada nivel y discontinuidad litológica, y se tomaron muestras tanto de los calizos encajonantes, como de los paleosuelos, carbonatos secundarios y el suelo moderno. En este trabajo se presenta con detalle los resultados de un conjunto de propiedades, con el fin de hacer una caracterización de los suelos y paleosuelos y, con ellos, entender su génesis. Se evaluó el color, reacción al HCl, grado de compactación y se hicieron láminas delgadas para micromorfología. Cada paleosuelo muestra propiedades contrastantes: cambios decoloración y grado de compactación-litificación. El análisis de los paleosuelos estudiados demuestra que todos ellos, a pesar de tener fuerte reacción al HCl, poseen una matriz decarbonatada. Son arcillosos y con altos porcentajes de óxidos de hierro y aluminio que se acompañan por bohemita. Esto sugiere un intemperismo de alto grado. La cubierta edáfica actual consiste en parches de Leptosoles réndzicos y Luvisoles crómicos. Esta diferencia en el tipo de suelo permite contar con elementos para reconstruir la cubierta edáfica perdida en el sistema kárstico de Quintana Roo, que se relacionan a los avances y retrocesos del nivel del mar.

CS-2

USO Y ESTUDIO DE COLOR EN SUELOS DE ZONAS KÁRSTICAS: RELACIÓN ENTRE LA MATERIA ORGÁNICA DE SUELO Y EL ÍNDICE DE ROJEZ

García Rafael¹, Bautista Francisco², Gogichaishvili Avto³, Fragozo Patricia⁴, Pereira Alberto⁵ y Sánchez Rufo⁵

¹Instituto de geofísica, UNAM

²Centro de Investigación en Geografía Ambiental, UNAM

³Instituto de Geofísica UNAM

⁴Universidad de Quintana Roo

⁵Universidad Autónoma de Tabasco

asrael.rafael@gmail.com

El color del suelo es una propiedad que proporciona información del tipo de drenaje, humedad y minerales como óxidos de hierro, carbonatos de calcio, sulfatos de calcio entre otros, así como un excelente indicador de la materia orgánica ya que los colores oscuros están asociados con altos contenidos de materia orgánica, así como con óxidos. Siendo este un indicador de la calidad del suelo. El poder conocer la materia orgánica del suelo es posible por medio del uso del color como método proxy lo cual provee de un método económico, rápido y útil ya que el localizar los reservorios de carbón mediante el estudio de los suelos son sumamente importantes dentro de las funciones ambientales para poder frenar el cambio climático. El uso del color en el suelo utiliza diversas herramientas, entre las más conocidas la tabla Munsell la cual provee de un método sumamente aplicado en el trabajo de campo para poder obtener de manera subjetiva el color del suelo. Dentro del presente trabajo se hace uso de un colorímetro Konica Minolta Cr-5, con el cual es posible el obtener los parámetros de color con los sistemas Munsell o CIE-L*a*b* y así poder realizar los análisis estadísticos de mejor manera. El objetivo del presente estudio es establecer una relación entre la materia orgánica del suelo y el índice de rojez de manera continua a lo largo de todo un perfil localizado en la península de Chetumal México, para después separar las muestras en grupos de color y realizar un análisis de regresión lineal y sustentar la relación previamente establecida.

CS-3

ANÁLISIS DEL EDAFOPAISAJE EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA, VALLE VERDE, QRO

Hernández-Tirado Arturo Erubiel¹, González-Amador María Fernanda¹, Velázquez-Rosas Noé² y Fuentes Romero Elizabeth¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Veracruzana

arturoht@ciencias.unam.mx

El paisaje es una región determinada por el conjunto de geoformas resultado de las fuerzas que modelan la superficie terrestre (Birkeland, 1999), donde se desarrolla y evoluciona el suelo formando asociaciones espaciales. El estudio de los factores formadores que determinan los procesos genéticos del suelo son de suma importancia para intentar explicar su distribución en el Edafopaisajes (Gerard, 1980). La influencia de los factores formadores independientes como el clima, material parental y el tiempo, tiene una relación bidireccional sobre los factores dependientes como la vegetación y el relieve condicionan a los procesos de formación (Porta et al 2006). En particular la asociación de suelo y sus procesos de formación bajo la cobertura del bosque mesófilo de montaña (BMM) ha sido poco estudiado, a pesar de su importancia. Esto radica en el hecho de que este tipo de vegetación tiene reducida distribución (alrededor del 1%) a nivel nacional (Ramírez-Marcial, 2002). Ante el panorama de la relación de los factores formadores y su influencia en la evolución del suelo dentro de los BMM el objetivo de este trabajo es analizar álsis asociando las fuerzas modeladoras del paisaje tectokárstico, los procesos edafogenéticos y la estructura de la comunidad vegetal de la zona del BMM en la localidad de Valle Verde, Qro. La evaluación edafomorfoecológica se realizó en dos sitios de estudio, se caracterizaron 2 perfiles de suelo en una toposecuencia y se caracterizaron los suelos de acuerdo a la WRB (2014). Se obtuvieron datos morfométricos de las laderas y se establecieron 10 cuadros de muestreo de vegetación de 100 m². El análisis de vegetación consideró la riqueza, el índice de Shannon (H), Equidad de Pielou (J), el área basal (AB), y densidad (D); posteriormente se realizó una correlación entre los índices de vegetación y características edáficas (profundidad, pH, carbono, biomasa, humedad relativa y porosidad). Finalmente se realizó para cada ladera un análisis de la importancia relativa de especies. Se concluyó que morfológicamente el efecto mayor observable es el tectónico-estructural, representado por los lomeríos, valles, grandes montañas y fallas horizontales, así como el cársico por evidencias de disolución en las rocas en bajo estado evolutivo. Los suelos clasificados para el sitio 1 (S1) fueron Fragic Luvisol (FOLIC, Cutanic, Differentic) y Luvisol (Folic, Cutanic, Ochric), para el sitio 2 (S2) Epileptic Regosol (Hyperhumic, Loamic) y Chromic Lamelic Luvisol (Folic, Clayic, Cutanic, Differentic, Humic). Los valores de importancia relativa del S1 señalan que la especie Quercus sp.1 es la de mayor importancia relativa debido a su alta densidad relativa. De manera análoga, para el sitio 2 Quercus aff. Xalapensis es la especie con mayor importancia debido a su alta Área Basal relativa. Encontramos un mayor grado de dominancia entre las especies en el sitio 2, respecto al sitio 1. La diversidad de suelos presente muestra dominancia de Luvisoles sobre los Regosoles con una importante carácter acumulativo de residuos orgánicos de baja descomposición. Análisis del Edafopaisaje en el bosque mesófilo de montaña, Valle Verde, Querétaro.

CS-4

RESPUESTAS A CORTO PLAZO DE LA RESPIRACIÓN DEL ECOSISTEMA A LOS EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EN EL PASTIZAL SEMIÁRIDO

Delgado Balbuena Josue¹ y Arredondo Tulio²

¹Instituto Tecnológico de Sonora / Programa Mexicano del Carbono A. C.

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C.
josuedlb@gmail.com

Los patrones de precipitación (PPT) en ecosistemas áridos se caracterizan por tener eventos de PPT de baja frecuencia y tamaño pequeño; sin embargo, las plantas y los microorganismos del suelo están adaptados para usar estos pequeños pulsos de agua. Varios estudios han mostrado incrementos a corto plazo de las tasas de mineralización de carbono y nitrógeno (efecto Birch) estimuladas por los ciclos de sequía-humedad; sin embargo, la dinámica, los controles y la contribución de los pulsos de respiración al balance anual C aún no está bien entendido. Por lo tanto, se analizaron cuatro años de mediciones continuas del intercambio neto de C a nivel ecosistemas (NEE) para evaluar el efecto de la periodicidad de PPT y la magnitud de los eventos de PPT individuales en el balance de C a escala diaria y anual en un pastizal semiárido. Se incluyó el período comprendido entre los eventos de PPT, la tasa de NEE diurna previa a los eventos de PPT y el contenido de humedad del suelo como los principales controles de los pulsos de C. La respiración del ecosistema (ER) respondió pocas horas después de un evento de PPT, mientras que tomó más de cinco días para que el intercambio bruto del ecosistema respondiera (fotosíntesis, GEE; tal que -NEE = GEE + ER). Eventos de precipitación tan bajos como 0.25 mm aumentaron la ER, pero solo eventos de PPT grandes o acumulados > 40 mm que se infiltraron más profundamente en el perfil del suelo estimularon GEE. En general, los flujos ER después de los eventos PPT se relacionaron con el tamaño del estímulo (por ejemplo, el tamaño del evento de PPT) y las condiciones previas del suelo (por ejemplo, contenido volumétrico de agua en el suelo previo al evento de PPT y el período inter-evento de PPT). Los eflujos acumulados de C por eventos de PPT

representaron más del 10% (43 - 66 g C m⁻² y⁻²) del balance anual de C. En el largo plazo, los cambios en los regímenes PPT a eventos PPT más intensos y menos frecuentes, como se espera por el efecto del cambio climático, podrían hacer que los pastizales semiáridos pasen de ser un ligero sumidero de C a una fuente neta de C.

CS-5

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DIURNA DE LA HUMEDAD EN EL SUELO PARA EFECTOS DE SUBIRRIGACIÓN

Mejía Sámano Diana Monserrat¹, Pascual Ramírez Fermin², Romero Bautista Alejandro³, Prado Hernández Víctor⁴ y Reyes López Delfino⁵

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM, IIES, UNAM

³Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, TNM

⁴Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos

⁵Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica
dianaterekaren@gmail.com

La agricultura es la responsable de la mayor parte del consumo de agua dulce. En México, alrededor del 75% del agua dulce que se utiliza es con fines agrícolas, en tanto que la eficiencia en el uso del agua ronda el 50%. Dentro de la tecnificación del riego, se han explorado opciones para mejorar la disponibilidad de agua para las plantas. Una de las alternativas propuestas para mejorar la eficiencia en el uso del agua es la subirrigación, diseñada normalmente con criterios del riego superficial tecnificado. El objetivo del trabajo, fue analizar la distribución temporal diurna del ascenso capilar del agua en un suelo agrícola de textura arcillosa. El suelo fue colectado en el área de agrícola de Tarímbaro, Michoacán. Después de analizar la curva de retención de humedad y sus propiedades físicas, se hizo un experimento que permitió conocer la dinámica la distribución de la humedad capilar en el tiempo. Los resultados sugieren el momento óptimo de riego por subirrigación, como una función de las condiciones ambientales prevaletientes en la superficie. Los resultados son relevantes porque permiten mejorar la eficiencia en el uso del agua enfocado al manejo agronómico y momento del riego en el día más allá de la tecnificación 'per sé'. Por tanto, en el caso de subirrigación, se deben establecer criterios para determinar momento óptimo del riego con base en las propiedades hidrodinámicas del fenómeno agua-suelo.

CS-6

ACTIVIDAD MICROBIANA RELACIONADA CON LA DINÁMICA DEL CARBONO EN JALES MINEROS CON ADICIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS

Nava-Arsola Nadia Edith, Romero Francisco Martín y Chávez Vergara Bruno Manuel
Instituto de Geología, UNAM.
edith_na@ciencias.unam.mx

Los jales mineros, sedimentos producto de la extracción de minerales, presentan como características pH ácido, poca estructura, baja capacidad de retención de humedad, elevada concentración de elementos potencialmente tóxicos y muy baja concentración de materia orgánica. Estas características limitan la actividad microbiana y particularmente la relacionada con la dinámica del carbono, p.e. inmovilización y mineralización, y con ello la fertilidad de estos ambientes. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la adición de enmiendas orgánicas y el cambio de condiciones de temperatura y humedad sobre la actividad microbiana relacionada con la dinámica C en jales mineros. Se estableció un experimento in vitro donde a un jal proveniente de la presa "El Fraile" se le adicionó el equivalente a 4% (masa/masa) de materia orgánica en los diferentes tratamientos de adición: composta, biocarbón, y la mezcla de ambos y se dejó un control sin adición. Los cuatro tratamientos se mantuvieron en incubación en oscuridad a 25°C y 80% de humedad durante 108 días. Al inicio y al final del experimento se evaluaron indicadores de la dinámica de C como: mineralización e inmovilización de C, actividad enzimática de #-glucosidasa y polifenol oxidasa e indicadores relacionados con el uso eficiente de los recursos como el qCO₂ y actividad enzimática específica. La adición de enmiendas orgánicas y el cambio en las condiciones modifican la síntesis de enzimas y promueven la mineralización e inmovilización de C, incluso sin la adición de materia orgánica, procesos en los que el tratamiento con adición de composta presentó los valores más altos con respecto a los demás. Por otro lado el tratamiento con adición de biocarbón presentó una mayor actividad de #-glucosidasa y polifenol oxidasa, y presentó valores más altos de actividad enzimática específica. Se concluye que la adición de composta en conjunto con el cambio de condiciones de temperatura y humedad promueve el uso eficiente del carbono, así como procesos de mineralización e inmovilización de este, lo cual puede ser la base para promover la actividad biológica y la fertilidad de estos ambientes antrópicos.

CS-7

CRONOSECUENCIA DE TECNOSOLES EN LA MINA PEÑA COLORADA, COLIMA, MÉXICO: ALTERNATIVAS PARA LA HABILITACIÓN DE JALES MINEROS

Díaz Jaime, Romero Francisco Martín, Sedov Sergey,
Martínez-Jardinez Gerardo y Chávez Vergara Bruno Manuel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
biotic78@yahoo.es

Se presenta un estudio para evaluar el grado de evolución de Tecnosoles, desarrollados sobre jales ferríferos de diferentes edades en Peña Colorada ubicado al NE del estado de Colima, México. El distrito minero de Peña Colorada consiste en un yacimiento orto-magmático donde predomina la magnetita (>85%), en la Formación Mamey, en la subprovincia de la Sierra Madre del Sur. Los jales de la mina, de donde se extrae únicamente hierro, son depositados en la presa Guasimas. La región tiene un clima semi-cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación media anual de 1600 mm, la temperatura media de 26.3°C. Se realizaron prospecciones edafológicas en los suelos cercanos a la presa de jales, así como de suelos artificiales desarrollados sobre su talud que presentan edades de 5 a 40 años. Asimismo, se realizaron análisis físicoquímicos y mineralógicos con el objetivo de caracterizar la fertilidad de los horizontes superficiales como resultado de los esfuerzos de restauración ecológica. Finalmente se tomaron muestras inalteradas de estos horizontes y capas para un estudio micromorfológico y de génesis. Los resultados demuestran que los suelos naturales, presentes en el área, son principalmente Luvisoles y Cambisoles. Los Tecnosoles de diferente edad observan diferentes características, pasando de Tecnosoles esqueléticos en los sitios de 5 años a Tecnosoles tónicos, en los jales más antiguos. Se espera que, con esta caracterización, se puedan proponer mejores alternativas para la restauración de los sitios.

CS-8

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE POLVOS URBANOS Y EL USO DEL COLOR COMO MÉTODO PROXY EN LA CIUDAD DE MÉXICO

García Rafael¹, Bautista Francisco¹, Gogichaishvili Avto², Cejudo Ruiz Fredy Rubén² y Aguilera Anahí³
¹Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-CIGA-UNAM
²Instituto de Geofísica, LUGA-UNAM
³Instituto de Geofísica, LUGA-UNAM
asrael.rafael@gmail.com

La contaminación ambiental dentro de los centros urbanos es uno de los tópicos de mayor importancia en la actualidad, por repercutir de manera directa en la salud de los habitantes de dichas urbes. A lo largo de las últimas dos décadas se han desarrollado diversos métodos para poder monitorear la contaminación a la que están sujetos sus habitantes, dichos métodos son costosos y tardados lo cual impide el poder realizar estudios periódicos que podrían ser mas sustanciales para poder tomar medidas preventivas y mejorar la calidad de vida de dichos habitantes. En el paso de los años se han desarrollado métodos proxy para poder determinar el grado de contaminación en los centros urbanos los cuales agilizan los análisis y reducen los costos y permite que los estudios sean periódicos, lo cual podría ayudar en la toma de decisiones y en la creación de nuevas normas que mitiguen el grado de contaminación. El propósito del presente estudio es utilizar el color como método proxy, y extrapolar muchas de las propiedades que se han obtenido de su uso en los suelos, para así poder dilucidar el grado de contaminación al que están sujetos los habitantes de dichas zonas urbanas y relacionar con el color a los elementos potencialmente tóxicos, como a los óxidos y minerales. Esto es posible agrupando las muestras por sus parámetros de color y observar que color esta más asociado con los contaminantes agresivos para la salud, de igual forma se utilizan los índices de color que indican el grado de rojez de las muestras, su matiz y su saturación. Con dichos índices es posible saber si hay presencia de óxidos, los cuales posiblemente corresponden a elementos magnéticos, esto es posible concluir al realizar experimentos de carácter magnético y tener resultados más determinantes. Dentro del presente trabajo se estudia la Ciudad de México en donde se muestrearon alrededor de 500 muestras de polvo urbano, que se tomaron a pie de carretera. De dichas muestras se obtuvieron sus parámetros de color dentro del Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA) mediante el uso de un colorímetro Konika Minolta Cr-5, para obtener los parámetros de color mediante los sistemas de color más adecuados en la realización de cálculos estadísticos. Como resultados preliminares se obtienen grupos por color y se observa si existe una correlación lineal de cada grupo con los índices de color, observando correlaciones muy altas con respecto a los índices de rojez y saturación, y correlaciones bajas con respecto al índice de matiz, siendo este un indicador de que los polvos urbanos de la ciudad de México no tienen una asociación directa con dicho índice. Los índices de rojez y saturación se utilizaron para realizar nuevos grupos y realizar análisis multifactoriales con las concentraciones de los elementos identificados dentro de las muestras de polvo urbano. Obteniendo correlaciones entre muy altas y altas con respecto al índice de rojez y correlaciones entre moderadas y altas con respecto al índice de saturación. Los resultados del presente trabajo se consideran resultados preliminares.

CS-9 CARTEL

ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD DE LOS JALES DE CARBÓN

Camacho Castro Sandra, López Saucedo Felipe de Jesús, Flores Hernández Ana Lucía, Batista Rodríguez José Alberto, Hernández Rosales Alberto, Almaguer Carmentales Yuri y Rodríguez Vega Antonio
Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos. Universidad Autónoma de Coahuila., ESI UADEC
sandra_cc70@hotmail.com

En el presente trabajo se estudió la peligrosidad de los jales de carbón, en términos del potencial de neutralización (PN), en una presa en condiciones de postoperación. Dicho concepto se aplicó para caracterizar jales de la unidad minera del ejido Santa María, San Juan de Sabinas, Coahuila; con el objetivo de estudiar los posibles efectos que se derivan sobre el medio ambiente. El trabajo experimental inició con el recorrido sobre la planicie de la presa (un área de 5.4 km² aproximadamente) y áreas adyacentes, para registrar la descripción de los procesos geodinámicos (e.g., procesos exógenos) entorno a la presa. Seguido de la recolección de las muestras, de las cuales también se registraron datos cualitativos (e.g., color, olor, textura, etc.). Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio de Química de la Escuela Superior de Ingeniería para realizar las mediciones de PN (potencial de neutralización), y caracterización química por fluorescencia de rayos x. Para evaluar la peligrosidad de los jales se realizaron pruebas de balance ácido-base (BAB) que sugiere la Norma Oficial Mexicana NOM-141 (SEMARNAT, 2004). Esta prueba consiste en determinar el potencial de neutralización (PN) de los jales, que está dado por la presencia de minerales que contienen carbonatos, principalmente calcita. Adicionalmente se realizaron estudios de microscopía electrónica de barrido. Los resultados más relevantes indicaron que los jales presentan valores de PN entre 30 y 45 kg CaCO₃/ton, no obstante, se presentaron algunas particularidades con jales que presentaron valores de PN entre 5 y 15 kg CaCO₃/ton. Una de las observaciones principales sugiere que los jales con bajo PN se caracteriza por la presencia de yeso, producto de las reacciones de oxidación que ha sufrido el material. Así mismo, se observó la presencia notable de pirita framboidal, este sulfuro cristaliza en la matriz de los constituyentes orgánicos (o macerales) del carbón. En este sentido, se concluye que es importante continuar con los trabajos de caracterización, debido a que la pirita framboidal se oxida más rápidamente, dado que responde a diferente estequiometría y velocidades de reacción, en comparación con la pirita euhedral de acuerdo a la literatura.

CS-10 CARTEL

EVALUACIÓN DE CAMBIO EN LA VEGETACIÓN DERIVADA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN CUANTIFICADA MEDIANTE VANTS

Rivas Salinas Raúl Alexis, Ramos Rodríguez José Alejandro y Urias Lugo Angel Daniel
Universidad Autónoma de Baja California Sur
raul_hhp@hotmail.com

El predio Don Mariano ubicado en la cuenca alta de la Paz, B.C.S., presenta problemas de pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica, acrecentada por el sobrepastoreo. El uso de la fotogrametría derivada de VANTS ha facilitado el estudio de grandes extensiones de terreno a un costo relativamente bajo con alta resolución, permitiendo evaluar las medidas de mitigación de carácter ambiental. El presente trabajo monitorea el progreso de reforestación y otras medidas de mitigación ambiental, mediante fotografía aérea. Para ello, se calculará la cobertura vegetal del área de estudio a partir de ortomosaicos empleando clasificación supervisada. Y evaluará la salud de la vegetación mediante índices de vegetación de diferencia normalizada y clorofila, calculados con una cámara multispectral en el VANT, y con ello ponderar los efectos de las medidas de mitigación empleadas en el sitio degradado. Ello permitirá la toma de decisiones y el desarrollo de futuros proyectos del mismo ámbito.

CS-11 CARTEL

EL MANEJO FORESTAL MÉTODO DE DESARROLLO SILVÍCOLA REDUCE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES DEL SUELO A MEDIANO PLAZO E INCREMENTAR SU VULNERABILIDAD A LAS PERTURBACIONES

García-Oliva Felipe¹, Galicia Leopoldo¹, Valladares Karla² y Chávez Vergara Bruno Manuel¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
fgarcia@cicco.unam.mx

En los bosques templados de México, la principal actividad económica depende de la cosecha de biomasa (madera), de la extracción de recursos forestales no maderables y del pago de servicios ambientales que ofrecen estos bosques. Sin embargo, sólo el 6% de las áreas forestales están bajo algún programa de manejo planificado y desafortunadamente, la extracción ilícita de madera ha seguido creciendo dada a la progresiva demanda de productos forestales, lo que ha acarreado que estos ecosistemas forestales se encuentren bajo diferentes niveles de degradación. En México, existen dos tipos principales de manejo forestal planeado: el método mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMBOI) y

el método de desarrollo silvícola (MDS), está última con mínima atención en el mantenimiento de las características del suelo, el mantenimiento de la biodiversidad y la regeneración del bosque a largo plazo. El presente trabajo analiza la dinámica de C, N y P suelo en tres etapas de crecimiento de los rodales (etapa temprana, mediana y tardía) en ambos tipos de manejo forestal (MMBOI y MDS) en el estado de Tlaxcala. El suelo en MMBOI presentó mayor concentración de NO₃ disponible y menor concentración de HPO₄ disponible y C orgánico disuelto que en el suelo en MDS, independientemente de la edad del rodal. Mientras que la concentración de NH₄, NOD y POD no presentaron diferencia significativa entre los sitios y tipos de manejo forestal. Con respecto a los nutrientes en la biomasa microbiana, el suelo en MMBOI presentó mayor concentración de C microbiano que el suelo en el MDS y se reduce con la edad del rodal en ambos tipos de manejo. En cambio, las concentraciones de N y P microbiano no hubo diferencia entre tipos de manejo forestal o edad del rodal. Estos resultados sugieren que el MMBOI favorece la inmovilización del C en la biomasa microbiana, mientras que el MDS existe menor mineralización de moléculas (producen menos beta-glucosidasas que despolimeriza las moléculas de C), posiblemente como resultados a la fertilización inorgánica en este último tipo de manejo (MDS). Estos resultados son relevantes, porque en un escenario a largo plazo, el MMBOI favorece la protección de nutrientes en la biomasa microbiana, y por tanto, permite la biodisponibilidad a largo plazo, mientras que la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo del MDS depende de la incorporación de fertilizante inorgánicos. Por tanto, el manejo MDS es más vulnerable a las perturbaciones (incendios, plagas, etc.) y es menos sustentable.

CS-12 CARTEL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO QUE PERMITE MEDIR LA HUMEDAD PORCENTUAL ESTUDIANDO PERMITIVIDAD ELÉCTRICA Y VARIACIONES DE TEMPERATURAS, APLICADA A LA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

Sandoval Quintana Osiris¹, Cazarez Barboza Marco Anyelo¹ y Carrillo Vargas Armando²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

lufth_osq@hotmail.com

Los sondeos eléctricos se han usado para distinguir y reconocer formaciones geológicas que se encuentran a profundidad, sin embargo, existen diferentes técnicas o arreglos con diferentes finalidades cada una (SEV, configuración Wenner o Schlumberger, método de dipolo, etc.). La humedad del suelo (cantidad de agua por volumen de tierra o capacidad del suelo para retener agua) es una característica ambiental importante y en diferentes rubros a diferentes necesidades, por ejemplo, en el área de agronomía es importante para resolver los problemas tales como: necesidades de agua de riego, para los cálculos de infiltración, etc. En el área de peligros y riesgos, puede aplicarse como una forma de medir la inestabilidad de laderas que pongan en riesgo la población circundante a la misma. En la geotecnia y en los planeamientos de edificación es importante para conocer parámetros como la densidad del suelo con el fin de evitar asentamientos o deflexiones en el firme, por lo tanto, el control y monitoreo de esta es esencial. En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un sistema que aprovechando el arreglo polo-polo puede medir las variaciones de humedad en el terreno a diferentes profundidades y a su vez mide las variaciones de temperatura de este. El sistema consta de un bloque de sensores de humedad, un bloque de sensores de temperatura, una etapa para la adquisición y transmisión de datos mediante un microcontrolador utilizando software libre. El dispositivo se construyó con componentes de fácil adquisición. El sistema fue calibrado y evaluado satisfactoriamente en pruebas de suelos conocidos en invernaderos.

CS-13 CARTEL

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO A LA SALUD HUMANA POR EXPOSICIÓN AL PLOMO EN EL POLVO URBANO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Aguilera Anahí¹, Bautista Francisco², Gogichaishvili Avto¹, Cejudo Ruiz

Fredy Rubén¹, Delgado Carranza María del Carmen¹, Gutiérrez Ruiz

Margarita Eugenia¹, Cenicerós Gómez Águeda Elena¹ y López Norma L.³

¹Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica Unidad Morelia, IGUM

²Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

³Laboratorio de Biogeoquímica Ambiental, Facultad de Química, UNAM
anahi.aguilera16@gmail.com

El polvo urbano es un factor importante de contaminación en las ciudades que afecta la salud de la población. El plomo ha sido uno de los contaminantes más estudiados en el polvo urbano, sin embargo, comúnmente se han analizado las concentraciones químicas y no se ha tomado en cuenta la carga de plomo o cantidad de plomo por unidad de área (lead loading en inglés), la cual se relaciona directamente con la exposición al Pb. Los objetivos de esta investigación fueron: a) delimitar las zonas de mayor exposición a plomo en la Ciudad de México, considerando tanto las concentraciones como la carga de plomo, y b) estimar el riesgo a la salud humana por exposición al Pb, para niños y adultos. Se tomaron 482 muestras de polvo urbano por metro cuadrado, a partir de un diseño sistemático, homogéneamente distribuido. La fracción menor a 250 µm se pesó y analizó por ICP-OES para

obtener las concentraciones de Pb, posteriormente se calculó la carga de plomo (concentración por cantidad de polvo en kg/m²), la estadística descriptiva, el factor de contaminación y los cocientes de riesgo. También se hicieron interpolaciones espaciales tipo kriging indicador, utilizando como umbral el tercer cuartil de la distribución de frecuencias. La concentración promedio de Pb fue de 127.9 mg/kg, 5.8 veces más alta que el valor de fondo (22 mg/kg), indicando una considerable contaminación. Casi tres cuartos de la ciudad tuvieron un nivel de contaminación por Pb de considerable a muy alto. Por otra parte, la carga promedio de Pb fue de 4.2 mg/m², 9 veces mayor que el límite permitido para polvo intramuros por la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos. Los mapas mostraron que las zonas con mayores concentraciones y carga de Pb se localizaron al este de la ciudad, principalmente en las delegaciones: Iztapalapa y Gustavo A. Madero, con 11 km², cada una. La principal vía de exposición identificada fue la ingestión del polvo. Las dosis promedio diarias por ingestión superaron el valor de referencia en el 56% de los casos para niños y en el 12% para adultos. Las zonas con mayor exposición, mayores concentraciones y carga de Pb, se localizaron al este de la ciudad. Existe un riesgo a la salud por ingestión del polvo, especialmente para los niños, en más de la mitad del territorio.

CS-14 CARTEL

ORTOMOSAICO Y MDS MEDIANTE VANT'S PARA ESTIMACIÓN DE EROSIÓN Y MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Urias Lugo Angel Daniel¹, Ramos Rodríguez José Alejandro² y Rivas Salinas Raúl Alexis³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

³Universidad Autónoma de Baja California Sur
dulbass22@gmail.com

Actualmente la ciudad de La Paz, ubicada en el estado de B.C.S., se encuentra bajo un escenario constituido por diversas problemáticas ambientales asociadas al recurso hídrico: sobreexplotación del acuífero, intrusión salina, pérdida de suelo, entre otras más. Con la finalidad de mitigar los efectos causados por dicha situación, se plantea la restauración de un área degradada en la parte alta de la cuenca, donde ocurre mayormente la recarga al manto freático. Utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT), y mediante fotogrametría se elaboró un ortomosaico y un modelo digital de superficie del área de estudio. A partir de los mismos, y repitiendo una serie de observaciones en el tiempo, será posible estimar espacialmente la tasa de erosión y/o acreción de la zona, e implementar modelos hidrológicos de menor incertidumbre en un SIG para valorar la eficacia de las obras de mitigación y restauración.

CS-15 CARTEL

DEFINICIÓN DE ZONAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS EN EL POLVO URBANO DE LA CDMX CONSIDERANDO NORMAS CANADIENSES Y MEXICANAS

Delgado Carranza María del Carmen¹, Bautista Francisco², Gogichaishvili

Avto³, Cortés José Luis⁴, Quintana Patricia³, Aguilar Daniel¹,

Cejudo Ruiz Fredy Rubén¹ y González Gaona Denis Isamar⁴

¹LUGA, Instituto de Geofísica – Michoacán, UNAM, Morelia, Michoacán, México

²LUGA, CIGA, UNAM, Morelia, Michoacán, México.

³CINVESTAV, Mérida, Yucatán, México

⁴LUGA, Instituto de Geofísica – Michoacán, UNAM, Morelia, Michoacán, México e Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST
meladsc6@yahoo.com

La OMS reporta 7 millones de muertes humanas al año por enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental al interior y exterior de las casas. El aire contiene polvo urbano que es una mezcla de materiales físicos, químicos y biológicos de diversos tamaños. Su origen es natural y antrópico, se traslada por el viento y agua; se deposita en el suelo, calles, arbolado y techo de edificios. Contiene partículas PM_{0.01} – PM₁₀ µm que albergan metales pesados (MP); proviene de residuos industriales y tráfico vehicular. En la ciudad de México (CDMX) existen estudios de contaminación por MP en partículas aéreas, suelos y plantas pero no en los polvos. Probablemente gran parte de la CDMX está contaminada con MP en polvos ya que habitan 20 millones de personas, existen 40 000 industrias y 4 millones de automóviles consumiendo 20 millones de litros de combustibles por día. La normatividad ambiental mexicana no considera las cantidades del polvo y sus concentraciones de MP y sólo existen para algunos MP en suelos. La definición de zonas contaminadas requiere del establecimiento de límites máximos permitidos (LMP) que no estén muy arriba de los valores promedio de fondo de MP en los polvos y suelos de la CDMX ya que en los LMP del Pb y Ni en suelos son hasta veinte veces más que el promedio de los valores de fondo en suelos. Es pertinente usar los LMP por la norma canadiense para uso de suelo residencial ya que están entre los valores de fondo en los suelos y los LMP por las normas mexicanas. El objetivo fue el uso de las normas mexicanas y canadienses de suelos residenciales en la identificación de los sitios contaminados por polvo urbano conteniendo Cr, Cu, Ni, Pb, Zn y V en la CDMX. A partir de un muestreo sistemático se colectaron 89 muestras de polvos en un área de 1 m² bajo de la acera; se secaron a la sombra y tamizaron (malla 2 mm). La medición de las concentraciones de los MP fue mediante ED-XRF. Se realizó la estadística descriptiva y el análisis geostatístico (Kriging Indicador). Los umbrales fueron los LMP (mg kg⁻¹) en suelos de la legislación canadiense: Cr = 64; Cu = 63; Ni = 50; Pb = 140; Zn = 200 y para el V = 78 de acuerdo con la norma mexicana. El

mapa integrado muestra la superficie de sobreposición del Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn; se ubica en las delegaciones céntricas y abarcan un área de 11 706 ha correspondiente al 4% de la superficie del área de muestreo. Los elementos que más se presentan, tanto por número de delegaciones o zonas conurbadas, como por superficie son: Cr, Cu, Pb, V y Zn. Se presenta una asociación entre el Cu y Pb abarcando la mayor superficie de sobreposición (35 008 ha) ubicada en las delegaciones del norte y centro en dirección sureste. El Cu, Zn y Pb presentan mayor correlación espacial por lo que podrían provenir de las mismas fuentes antrópicas.

CS-16 CARTEL

DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO A TRAVÉS DE UN GRADIENTE TOPOGRÁFICO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN

Castillo Parra Víctor Manuel¹, Quintero Gradilla Shatya², Chávez Vergara Bruno Manuel¹, Jardel Peláez Enrique José³ y Castillo Navarro María Faviola²

¹Universidad de Guadalajara, Cucsuri/UDG

²Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

³Departamento de Ciencias Ambientales y del Suelo, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México-Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía
victorcastilloparra@gmail.com

En los ecosistemas forestales de montaña, las características topográficas y la cobertura vegetal juegan un papel clave en la variación del carbono orgánico del suelo (COS). El objetivo del presente estudio fue cuantificar la concentración y contenido del COS del suelo a lo largo de una catena de suelos en la Estación Científica Las Joyas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. La catena está caracterizada por bosques de pino (BP) en laderas altas convexas, bosque mixto de pino-latifoliadas (BPL) en condiciones intermedias y bosque mesófilo de montaña (BMM) en laderas bajas cóncavas. En cada posición de la ladera se establecieron nueve parcelas circulares de 500m², en las cuales de manera sistemática se tomaron ocho muestras de suelo a 30 cm de profundidad y a las cuales se les cuantificó la densidad aparente con el método del cilindro, la concentración de C orgánico por combustión y detección coulométrica y se calculó la pérdida total de masa por ignición en rangos definidos para materia orgánica lábil, recalcitrante y extra-recalcitrante con base en la resistencia térmica de la materia orgánica del suelo. Los datos fueron analizados mediante un modelo de ANOVA de una vía. La mayor concentración del COS (7.3%) se observó en la posición baja de la catena asociada con el BMM comparada con BP y BPL, lo cual coincidió consistentemente con el mayor contenido de COS (129 Mg ha⁻¹). La pérdida total de masa por ignición a 600°C mostró una fuerte correlación con la concentración de COS (r²=0.901, p<0.05) y se observó una tendencia a una mayor acumulación de materia orgánica lábil en el BMM. Lo anterior sugiere que la cobertura vegetal asociada a la posición del terreno juega un papel muy importante en el almacenamiento, y probablemente en la dinámica, de carbono orgánico del suelo en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.

CS-17 CARTEL

CUANTIFICACIÓN DE METALES Y METALOIDES ASOCIADOS A LA MATERIA ORGÁNICA, EN LA REGIÓN MINERA DE SAN JOAQUÍN

Vergara Huerta Misael¹ y García Rocío²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, PCT-UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM
misael_biologo@hotmail.com

La minería es una de las principales actividades económicas en México, que ha servido para su desarrollo desde la época prehispánica hasta nuestros tiempos. El área de estudio en este trabajo corresponde al municipio de San Joaquín, el cual se localiza al sur de la sierra Gorda de Querétaro, colinda al norte con Pinal de Amoles, al este con Jalpan de Serra y al suroeste con Cadereyta de Montes. San Joaquín presenta un largo historial de explotación del cinabrio (HgS) lo que le confiere un alto nivel de contaminación, cuyas concentraciones máximas de mercurio se localizan en las cercanías de las bocaminas y sus respectivos terrenos. El objetivo del trabajo fue cuantificar la presencia de metales y metaloides en un suelo de uso agrícola impactado por la explotación de HgS asociado a la materia orgánica. Se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad eléctrica (C.E), Textura y Hg, As, Fe, S, Mn, Si, Sr y Zn, y se asociaron estos con las propiedades físicas del suelo, la materia orgánica y sus efectos en los procesos de adsorción. Los resultados mostraron que la clasificación textural obtenida es arcillosa, los valores de pH máximos de 8.84 y mínimo de 7.21, el valor máximo de conductividad fue de 259.7 y mínimo de 62.71 µS/cm. Los valores máximos obtenidos para metales y metaloides fueron 3.73, µg/L 3.9 µg/L, 3.7 µg/L, 3.45 µg/L, 3.7 µg/L, 4.46 µg/L, 3.8 µg/L estos valores corresponden a Hg, As, Fe, Mn, S, Si, Sr y Zn, respectivamente. Los valores promedio de pH obtenidos favorecen la movilidad y disponibilidad de los metales y metaloides. El suelo estudiado presenta un pH alcalino por lo que los metales pueden estar adsorbidos en las distintas fases del suelo, así mismo el alto contenido de arcilla puede estar adsorbiendo los metales pesados esto debido a que las arcillas presentan una mayor superficie activa cuando su competencia con H⁺ es mínima. Los metales pesados en los suelos interactúan con las arcillas, los hidróxidos (OH⁻), con la materia orgánica (ácidos húmicos,

fúlvicos, etc.), carbonatos, sulfatos y demás con los que se presentan procesos de adsorción, que dependen de las propiedades intrínsecas del suelo.

CS-18 CARTEL

VARIACIÓN INTERANUAL DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO A LA ATMÓSFERA EN EL BOSQUE TROPICAL SECO DEL NOROESTE DE MÉXICO

Yépez Enrico A.¹, Vargas Terminel Martha¹, Rojas-Robles Nidia¹, Fong-López Liza F.² y Sandoval-Aguilar Maritza¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
yepezglz@gmail.com

Las emisiones de dióxido de carbono del suelo a la atmósfera son un componente importante del ciclo del carbono. Este flujo es muy variable en tiempo y espacio, ya que las características del sustrato en descomposición, la microbiota, la densidad y función de las raíces y las variables ambientales como la humedad y la temperatura son controles determinantes de este flujo. En el bosque tropical seco (BTS) del noroeste de México se sabe que la respiración del suelo es sustancial durante la temporada de lluvia, sin embargo se desconoce la importancia de relativa que tienen los diferentes controles de la respiración y las magnitudes del flujo en diferentes estados sucesionales del bosque. Con el objetivo de conocer la variabilidad interanual de la respiración del suelo del bosque tropical seco en distintos estados de sucesión se midieron los flujos de CO₂ del suelo con un analizador de gases en infrarrojo acoplado a una cámara dinámica (Li-8100, Li-cor inc.) en 3 sitios con historias de uso diferentes entre 2015 y 2017. Las mediciones se llevaron a cabo en la Sierra de Álamos, Sonora en un sitio desmontado con una recuperación de 10 años y dominado por la cobertura de *Acacia cochliacantha* (sucesión temprana, ST), un bosque secundario con ca. 40 años de recuperación (bosque secundario; BS) y un bosque maduro (BM) de referencia. Durante los 3 años de estudio las emisiones de CO₂ del suelo a la atmósfera fueron consistentemente más altas en el BM alcanzando valores de hasta 9.0 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ y manteniendo tasas de respiración de hasta 4.5 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ durante el otoño. Destaca, que el principal determinante para la variación de la respiración de suelo interanualmente, en todos los sitios de sucesión, fue la cantidad de lluvia que se presentó durante el invierno y la distribución, no la cantidad, de lluvia durante la temporada de crecimiento. En este ecosistema la temperatura no controla la respiración del suelo en ausencia de humedad.

CS-19 CARTEL

DISEÑO DE SUSTRATOS A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS CON USO POTENCIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE AZOTEAS VERDES

Homelí Ramírez Diana¹, Prado Pano Blanca¹ y Mora Palomino Lucy²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
dianlorad@gmail.com

En la Ciudad de México hay una producción excesiva de hasta siete toneladas diarias de residuos sólidos de la industria de la construcción, demolición y excavación. Estos residuos son comúnmente depositados en tiraderos clandestinos que fomentan el sellamiento y disminuyen la provisión de servicios ambientales del suelo. Por otro lado, en diversos ecosistemas se extraen materiales naturales como tezontle, tepojal, arcillas y arenas, así como de tierra negra y de hoja, para satisfacer la demanda de sustrato para la naturopatía de azoteas en las ciudades. Los tecnosoles o suelos contruidos de distintos materiales se han visto como una alternativa para asemejar servicios particulares que proveen los suelos naturales. Con el fin de reutilizar materiales, en lugar de saquear zonas naturales, el objetivo del presente trabajo es demostrar que con materiales enteramente de desecho es posible recrear las características propias de las mezclas orgánicas e inorgánicas empleadas comercialmente para la implementación de azoteas verdes. Algunas de estas características son baja densidad, alta porosidad, sustento para plantas y alta capacidad de retención de humedad. Para ello, se utilizaron de forma experimental, componentes enteramente de desecho: residuos de demolición (D), tepetate (T), composta (C), llantas trituradas (LT), residuos de café y naranja (NC). Las mezclas son M: DCT al 60, 20 y 20%, L: DTCLT con 54.5, 18.2, 18.2 y 9.1 % y NC: DTCNC en las mismas proporciones. Se probaron estas mezclas para el crecimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. Mill). Al cabo de 8 meses, los resultados indican que es viable mantener a esta especie en los sustratos diseñados y la producción de frutos. Se logró disminuir la densidad con enmiendas orgánicas (NC) y la adición de caucho molido (LT), hasta en un 29 y 18%, respectivamente; del mismo modo, se estabilizó el pH hasta la neutralidad. Se creó satisfactoriamente un tecnosol funcional.

CS-20 CARTEL

RESPUESTA DE LA AGREGACIÓN DEL SUELO ANTE LA ADICIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOSTAS

Delgado Delgado Briseida Yaneth¹, Fuentes Romero Elizabeth², García Calderón Norma Eugenia² y Hernández-Tirado Arturo Erubiel³

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

²Laboratorio de conservación y rehabilitación del recurso edáfico, UMDI-Fac Ciencias, UNAM, Juriquilla

³UMDI- Facultad de Ciencias, UNAM Juriquilla
yenidriver_delgado@hotmail.com

La degradación del suelos es resultado de la sobre explotación del recurso, altera las propiedades físicas del suelo causando disminución de la agregación, lo que impacta la reserva de carbono y nutrientes (Six y Paustian et al 2000). La estimulación de la agregación se relaciona con la entrada de fuentes de carbono asociada a residuos orgánicos frescos y a la actividad microbiana (Wortmann y Shapiro, 2008) formando macroagregados debido a la presencia de puentes entre los residuos, las partículas orgánicas y minerales (Castaldi et al., 2005). El uso de la composta en el proceso de remediación del suelo tiene importante impacto ecológico y funcional, sobre todo en la estabilidad estructural del suelo (Yazdanpanah, 2016). Los beneficios de la composta dependen del proceso de maduración y estabilización que permite la formación compuestos orgánicos aromáticos y carboxílicos que forman parte de los coloides del suelo. El uso y producción de composta a partir de residuos caseros puede ser una alternativa de manejo de los desecho. Debido a la importancia de la composta en la estimulación de la agregación este trabajo tiene el objetivo de evaluar la maduración y estabilidad de la composta casera y su efecto sobre estimulación de la agregación en suelos degradados. La composta fue producida en laboratorio a partir de residuos de frutas, verduras y pino de Navidad. El tamaño de la partícula fue aproximada de 10 cm. El proceso se llevó a cabo durante 98 días mediante un sistema no-estático cada 7 días, donde se homogeneizó y se realizó el control de humedad y temperatura. Se tomaron muestras homogéneas cada 7 días para la determinación de la calidad, maduración y estabilidad de la composta de acuerdo a la NADF-020-AMBT-2011, la E4/E6 (Vojtech et al., 2014) y la curva de aromaticidad de compuestos orgánicos y análisis de fitotoxicidad. La estimulación de la agregación mediante el uso de composta se realizó in vitro con muestra seca a temperatura ambiente y rehumectada a 60% con suelos degradados. La calidad de la composta tuvo CO y NT de 128 g kg⁻¹ y 114 g kg⁻¹, C/N entre 5 -10 y pH 8.9. La estabilización aun es deficiente debido a la baja relación de C:N y E4/E6, aunque tuvo una alta aromaticidad, asociada a compuestos aromáticos y carboxílicos por síntesis microbiana. La fitotoxicidad fue negativa ya que presentó germinación mayor al 80% y eficiente crecimiento de las plantas (Acosta et al., 2006). La agregación del suelo se vio estimulada con la formación de macro y meso agregados en la dosis de 1:1 y 1:0.5, asociadas a la presencia de cargas de compuestos aromáticos que estabilizan las partículas minerales y orgánicas. La composta tuvo buena calidad y baja toxicidad, por lo que puede ser empleada en el proceso de restauración, a pesar de la baja estabilización. La agregación del suelo fue favorecida para la formación de macro y mesoagregados

CS-21 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO BAJO TRES COBERTURAS VEGETALES EN LA RESERVA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO, MÉXICO

Castillo Parra Víctor Manuel¹, Beltrán Paz Ofelia Ivette², Chávez Vergara Bruno Manuel¹, Jardel Peláez Enrique José¹, Castillo Navarro Fabiola¹ y Quintero Gradilla Shatya¹

¹Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

²UNAM, Instituto de Geología
victorcastilloparra@gmail.com

El objetivo del presente trabajo fue determinar la actividad enzimática del suelo bajo la influencia de tres coberturas vegetales: Bosque de Pino (BP), Bosque de Pino-Latifoliada (BPL) y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) de la Estación Científica Las Joyas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Se establecieron nueve parcelas circulares de 500m² por tipo de vegetación, tomando de manera sistemática muestras de suelo a 30cm de profundidad a los cuales se les determinó la humedad, pH relación 1:10, actividad enzimática de las siguientes enzimas: B-Glucosidasa (#-GLU), Fosfomonoesterasa (FME), Polifenol-oxidasa (PFO) y Deshidrogenasa (DHE). Los datos fueron analizados mediante un modelo de ANOVA de una vía y posteriormente se realizó un análisis pos hoc Fisher LSD. La actividad de #-GLU fue menor en el BPL y fue diferente para en comparación a el resto de los tratamientos, mientras que la actividad de DHE fue mayor en el suelo de BMM y presentó diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos. Los resultados sugieren que la menor actividad de #-GLU en la condición BMM indica una menor inversión de recursos para la adquisición de carbono lábil influido por la composición de la comunidad vegetal predominantemente latifoliada, esto apoyado con que existe una alta actividad microbiana sin la necesidad de invertir en recursos para adquirir C lábil, mientras que condición BPL debido a la alta actividad de la B-GLU podemos inferir que los microorganismos invierten más recursos en la adquisición de carbono lábil sin que se incremente la actividad microbiana general; en cambio para el BP puede ser una condición de mayor limitación debido a que los microorganismos no invierten energía para la producción de enzimas #-GLU y su actividad general es baja. Por lo tanto, la composición de la vegetación, a través de la composición de los

tejidos vegetales puede ser determinante para la actividad microbiana de los suelos de la Reserva de la Biosfera de Manantlán, Jalisco, México.

CS-22 CARTEL

ALGAS EDÁFICAS DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA SIERRA GORDA, QUERÉTARO

Bojorge-García Miriam Guadalupe¹, Fuentes Romero Elizabeth², Bustamante-Martínez Aura Minerva³, García Calderón Norma Eugenia⁴ y Cantoral Uriza Enrique Arturo⁵

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Fac. Ciencias, UNAM

²UMDI-Fac. Ciencias, UNAM

³mbg@ciencias.unam.mx

Las algas edáficas son un conjunto de productores primarios que intervienen en la estabilización del suelo y el aporte de nutrientes, por lo que han sido estudiadas en varias regiones áridas del mundo. Sin embargo existen pocos trabajos para otro tipo de ambientes edáficos (Glaser et al., 2017). El presente trabajo tiene como objetivo identificar la riqueza de especies presentes en dos parcelas de una hectárea con diferentes grados de cobertura arbórea. La parcela uno (P1) presenta una cobertura arbórea de 85% mientras que la parcela 2 (P2) de 65%. Se colectaron 3 puntos dentro de cada parcela (Khaybullina et al., 2010), en cada punto se midieron datos fisicoquímicos in situ. En el laboratorio se evaluó el carbono orgánico del suelo (COS), el pH y el nitrógeno total (NT). Para el cultivo de algas se utilizó medio BG11 sólido, para inocular los medios de cultivo utilizaron soluciones de hojarasca (SH), suelo superficial (SS) y hojarasca con suelo superficial (SHS). Los cultivos se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura, humedad con un régimen de luz 12/12 hrs. De acuerdo a los resultados de la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon no existe diferencia significativa entre las variables fisicoquímicas de los suelos. En ambas parcelas los suelos tuvieron un pH ligeramente ácido (6.1 P1 ; 5.8 P2), con un porcentaje de humedad cercano al 50% , COS cerca de 400 g Kg-1 y 6.4 g Kg-1 de Nitrógeno total. Los crecimientos algales en P1 se registraron 6 semanas posteriores al sembrado de las soluciones, mientras que para el P2 se registraron a las 4 semanas. Los cultivos de la SHS fueron en los que se registraron un mayor número de especies siendo las más abundantes para ambas parcelas *Stichococcus bacillaris*, *Coccomyxa* simple y *Klebsormidium flaccidum*. La variación en el tiempo de crecimiento de los cultivos puede deberse a que las algas en P1 se encontraban en estadios de resistencia debido a la menor disponibilidad de luz con respecto a P2, así mismo esta característica puede explicar que la riqueza específica registrada en el presente trabajo fue baja comparada con trabajos previos donde se reporta que la diversidad algal aumenta en suelos con alta actividad silvícola (Glaser et al., 2017), los cuales se caracterizan por tener poca cobertura arbórea y un aporte alto de nitrógeno y fósforo. La riqueza registrada en los cultivos de la SHS apuntan a que las condiciones micro-ambientales resultado de la interacción hojarasca-sedimento influyen sobre la estructura específica de la comunidad. Los resultados obtenidos sugieren que la interacción algas-suelo permite relacionarse con la resistencia del ambiente edáfico ante la perturbación al no encontrar diferencias entre las variables del suelo.

CS-23 CARTEL

DISTRIBUCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO ASOCIADO A PARTÍCULAS MINERALES EN SUELOS BAJO DIFERENTE COBERTURA VEGETAL EN EL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA

López-Ortiz Edwin¹, Alcalá-Martínez Jorge René², Díaz Jaime², Solleiro Rebolledo Elizabeth³, Sedov Sergey⁴ y Chávez Vergara Bruno Manuel⁵

¹Facultad de Ciencias, UNAM.

²Instituto de Geología, UNAM.

³spark_07@ciencias.unam.mx

Los Andosoles han sido identificados como grandes almacenes de carbono orgánico en el suelo, sin embargo, existen pocos trabajos que han descrito su asociación en las fracciones minerales y el efecto de la cobertura vegetal sobre de estas. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la distribución de carbono orgánico asociadas a partículas minerales en suelos bajo diferente cobertura vegetal en el Volcán Nevado de Toluca. Se colectaron cinco muestras de suelo de los primeros 30 cm de profundidad bajo tres coberturas vegetales: pastizal montano (PM), bosque de pino (BP) y bosque de pino-encino (PE) en el Volcán Nevado de Toluca. Las muestras fueron sometidas a dispersión por ultrasonido para la separación de arenas, limos y partículas tamaño arcilla sin la modificación química del carbono orgánico asociado a estas. Posteriormente, se cuantificó la concentración de carbono orgánico en cada fracción en un analizador de carbono por oxidación térmica y cuantificación coulométrica del CO₂ liberado. Los suelos muestran diferencias en la distribución de tamaño de partículas donde la dominancia de partículas finas mostró el siguiente gradiente PE>BP>PM, mientras que la concentración de carbono orgánico total fue BP=PE>PM (9% y 5%, respectivamente). Sin embargo, la mayor concentración de carbono orgánico asociado a arcillas fue PM(55%)>BP(44%)>PE(26%), lo cual sugiere que la concentración y la distribución del carbono orgánico del suelo puede ser regulado por la cobertura vegetal y es necesario profundizar en el estudio de los procesos que regulan el almacenamiento de carbono en los suelos volcánicos con miras en ajustar modelos relacionados con el ciclo del carbono.

CS-24 CARTEL

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL POLVO URBANO Y PERI-URBANO EN FRACCIONES MENORES A 1 MM Y LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL RESPECTO AL FACTOR DE CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO

González Gaona Denis Isamar¹, Mendiola López Irma Fabiola², Israde Alcántara Isabel³, Gogichaishvili Avto⁴, Macías Vázquez José Luis⁵, Bautista Francisco⁶ y Delgado Carranza María del Carmen¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST

²Laboratorio de análisis de partículas y separación de minerales. Instituto de Geofísica Unidad Morelia. Universidad Nacional Autónoma de México.

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

⁴Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica, Unidad Morelia. Universidad Nacional Autónoma de México

⁵Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México
isagon.gao@gmail.com

El polvo urbano (PU) está compuesto de partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, su origen es natural y antrópico. Se traslada mediante agua y viento y se deposita en diversas superficies urbanas. Las partículas más pequeñas del PU albergan metales pesados (MP); el tamaño <63 µm son respirables, <10 µm llegan hasta los alveolos pulmonares. El factor de contaminación (FC) muestra el grado de contaminación por MP. En la ciudad de Morelia hay estudios de la distribución espacial de MP en el PU, pero no por tamaño de partícula. El objetivo fue la definición de las zonas contaminadas por MP en el PU en fracciones <1 mm considerando el FC en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Se recolectaron 100 muestras de PU; se secaron y tamizaron con malla 1 mm; el análisis de partículas finas (µm) (>63, <63, <10, <2.5) fue con difracción láser en húmedo; se calculó el porcentaje en peso de cada fracción en escala logarítmica # de Wentworth. El análisis geoestadístico del contenido total del polvo (g/m²) y de cada fracción, así como del FC del B, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Pb, V y Zn fue mediante kriging ordinario. El FC se calculó dividiendo el valor de la concentración del metal de la muestra entre el valor del primer decil de la concentración de la muestra. Las zonas con los dos niveles de mayor contenido de polvo total y en todas las fracciones y el nivel del FC "muy alto" se consideraron para definir las zonas. Las zonas con mayor contenido total de PU están en el noreste con el B y Zn; en el noreste-centro con el Zn y oeste-centro con el Pb y Fe. El mayor contenido de PU en las partículas >63 µm está en las mismas zonas anteriores pero en mayor superficie. Además, en el noroeste-centro pero sin algún metal. El mayor contenido de PU en las partículas <63 µm están en las mismas zonas anteriores, pero en mayor superficie, y el Li está en el noreste-centro; además se encuentra en el sur junto con el Zn y Mn. El mayor contenido de las partículas <10 µm están en las mismas zonas anteriores, pero en mayor superficie abarcando todo el noreste, norte y oeste, en donde se incorpora el Fe; además se distribuye en el norte sin ningún metal y en el sur el Zn y Mn. El mayor contenido de las partículas <2.5 µm están en las mismas zonas anteriores, pero en mayor superficie, en el sur junto con el Zn y Mn, y en el suroeste con el Pb. Las menores cantidades de PU en todas las fracciones se encuentran en las zonas céntricas. Las partículas pequeñas tienen mayor dispersión y albergan seis tipos de MP; las de tamaño grande están menos distribuidas y albergan cuatro tipos. Se recomienda recolectar diariamente los PU y hacer monitoreos frecuentes de los mismos.

CS-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LAS FRACCIONES DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE LA ZONA MINERALIZADA DE SAN JOAQUÍN, QUERÉTARO

García Calderón Norma Eugenia¹, Núñez Corrales Andrea Alejandra², Fuentes Romero Elizabeth³ y Hernández Silva Gilberto⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto Tecnológico de Los Mochis
necg@ciencias.unam.mx

Pocos estudios se han enfocado al impacto del mercurio en la materia orgánica del suelo de ecosistemas forestales, o en agroecosistemas. Así como en sitios cubiertos con terreros y con residuos del calcinado durante el proceso de obtención del Hg#. Las funciones de la materia orgánica en este contexto varían conforme al uso del suelo y su contenido. En términos de química del humus su estudio se basa en caracterizar la cantidad de fracciones con diferente solubilidad, este comportamiento se produce en relación con la edafogénesis. El objetivo de este trabajo fue examinar la distribución de las fracciones de las sustancias húmicas en diferentes usos del suelo y caracterizar la calidad del suelo vinculada a las propiedades químicas del horizonte superficial en la microcuena de la Zaguada situada dentro de la zona mineralizada de mercurio en el municipio de San Joaquín, Querétaro. La metodología utilizada se basó en el ISRIC (2002) y la obtención de las fracciones de la materia orgánica se realizó en los métodos de Thurman (1985) para el carbono orgánico disuelto (COD) y de la Sociedad Internacional de las sustancias húmicas para la materia orgánica ligada (IHSS, 2002). La reacción de los suelos varía desde neutra (7.1) a moderadamente básica (7.8), los contenidos de carbono orgánico total en los horizontes superficiales (0-20cm) varían de altos en

suelos forestales (55.0 g kg⁻¹) a bajos (0.25 g kg⁻¹) en sedimentos y relaves (0.67 g kg⁻¹). Los contenidos de COD indican mayor fragilidad en los sitios de sedimentos ribereños y en el suelo aledaño a el sitio arqueológico de Toluquilla. Las sustancias húmicas, en general indican la predominancia de fracciones condensadas de ácidos húmicos y huminas en los suelos forestales y de uso agrícola. El fraccionamiento del carbono orgánico del suelo nos indica la mayor capacidad de los suelos forestales de funcionar como sitios de inmovilización de mercurio.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores:

Ruth Cerezo-Mota

David Adams

CCA-1

PROCESOS DE GRAN ESCALA QUE MODULAN LA VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN DE CANÍCULA

Straffon Alejandra, Zavala-Hidalgo Jorge y Estrada Porra Francisco
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 alefractal@gmail.com

La sequía de medio verano, también conocida como canícula es una disminución en la cantidad de precipitación a la mitad del verano que ocurre en el sureste y este mexicano, en Centroamérica, en zonas del Caribe, así como en las regiones oceánicas adyacentes, la reducción puede ser de hasta 40%. Las características anteriores varían año con año, lo cual está asociado a los modos de variabilidad climática de gran escala y a los sistemas meteorológicos locales que controlan el transporte de calor, humedad y momento. El presente trabajo analiza la relación entre la variabilidad interanual de la precipitación en el sur de México durante la temporada de lluvias con variables atmosféricas y oceánicas usando los datos del Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) para el período de 1979 a 2015. Para ello, se divide la temporada de lluvias en tres fases: las lluvias tempranas de mayo, junio y parte de julio; el período de sequía de medio verano y las lluvias de agosto a octubre. Los resultados muestran la importancia relativa de diferentes variables y regiones en cada una de las fases, las cuales permiten entender mecanismos dinámicos de gran escala asociados a las anomalías de precipitación en la región de estudio. La variabilidad interanual de la alta subtropical del Atlántico Norte (NASH, por sus siglas en inglés) parece ser un factor determinante para las anomalías de precipitación en la primera y segunda fase, mientras que anomalías positivas de la presión reducida a nivel del mar sobre el Atlántico tropical y el Atlántico norte están asociadas con un incremento en la circulación anticiclónica en niveles bajos de la atmósfera. Una intensificación en la velocidad del viento en niveles bajos tiende a incrementar la evaporación y reducir la temperatura superficial del mar sobre el Atlántico, lo cual a su vez, incrementa el gradiente de presión con respecto a la cuenca del Pacífico. La configuración anterior es una precondition para que las zonas de convergencia se desplacen hacia el oeste, lejos de las costas del Pacífico y, por lo tanto, la precipitación sobre la región de estudio disminuye. Para la fase correspondiente al final de la temporada de lluvias, la temperatura superficial del mar muestra un patrón espacial similar al de las fases anteriores, aunque las anomalías son de menor magnitud. Durante todas las fases, los compuestos de años con precipitación por arriba (debajo) de la media implican configuraciones de gran escala asociadas con un debilitamiento (intensificación) de los vientos del este sobre el sureste de México, Centro América y los océanos adyacentes. La presente investigación podría ser la base para el desarrollo de pronósticos estacionales de precipitación en la región de estudio.

CCA-2

VARIABILIDAD INTRAESTACIONAL DE LAS ONDAS DEL ESTE Y LA CORRIENTE EN CHORRO DEL CARIBE

González Robles Maura¹ y Salinas Prieto José Antonio²

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
 maura.gonzalez@posgrado.imta.mx

Las ondas del este (OE) son disturbios de escala sinóptica que se propagan hacia el oeste, desde África hasta el Océano Pacífico. Las aguas frías del Océano Atlántico provocando su debilitamiento que continúa hasta llegar al Caribe, donde bajo condiciones aún no determinadas, se intensifican y amplifican meridionalmente; a su paso ocasionan lluvias intensas, causando daños económicos y sociales en el sur y sureste de México; así mismo, contribuyen a la génesis de ciclones tropicales, tormentas tropicales y huracanes. Por tal motivo, es vital comprender la dinámica de estas perturbaciones estadística y dinámicamente, así como la capacidad de los modelos climáticos para representar las OE. Este estudio tiene como objetivo principal, diagnosticar la variabilidad de las OE y la corriente en chorro del Caribe utilizando datos de ERA-INTERIM (1986-2017). Con este estudio se pretende colaborar con información y conocimientos tanto a la comunidad científica como la operativa y demás instituciones interesadas en el diagnóstico y pronóstico del tiempo en el Caribe.

CCA-3

RED DE MONITOREO Y DETECCIÓN DE DESCARGAS ELÉCTRICAS

Pérez Monzón David¹, Alcántara Méndez Xavier Kevin¹, Martínez Bravo Oscar Mario², Vázquez Báez Víctor Manuel¹ y Ponce Lancho Epifanio³

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
 david.perezmon@alumno.buap.mx

En las últimas décadas la investigación de fenómenos atmosféricos ha tenido un gran crecimiento fundamentalmente debido a la aparición de electrónica reconfigurable de gran capacidad y bajo precio. Adicionalmente, el monitoreo de

la actividad eléctrica y su relación con eventos meteorológicos a nivel regional y global mediante estaciones autónomas. En este trabajo se presenta el registro y medición de descargas eléctricas mediante el desarrollo de una red de monitoreo en la región de Puebla, basada en un sistema Raspberry Pi. Mediante un algoritmo computacional se realiza el análisis de las características específicas de cada descarga, la distancia lineal desde el punto de impacto de la descarga a cada estación; así como la energía liberada, la fecha y la hora de los eventos.

CCA-4

PRONÓSTICO DE NIEBLA EN LA CUENCA DE MÉXICO

González Viveros Pohema de Jesús¹, García-García Fernando² y Caetano Ernesto³

¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM
 pj.gv03@gmail.com

La niebla es un conjunto de gotitas de agua (diámetro de 2 - 50 μm) suspendidas en la atmósfera, cerca de la superficie, que restringe la visibilidad a menos de 1 km. Este fenómeno representa un peligro para la operación de sistemas de transporte, como aeropuertos, por lo que su predicción es esencial en temas de seguridad, teniendo un alto valor económico. Se presentan los resultados de un estudio de pronóstico de niebla para la Cuenca de México realizado con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). El pronóstico fue evaluado con eventos históricos de niebla para el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) por medio de datos METAR entre 1999 y 2017. Los parámetros evaluados incluyeron: la hora de inicio y la duración de la niebla pronosticada; la concentración de agua líquida de la nube; y la temperatura ambiente y la humedad medidas cerca de la superficie. Se realizó un análisis detallado de las parametrizaciones microfísicas y de capa límite planetaria de WRF aplicadas a la modelación de niebla; y se propuso una configuración del modelo para la región de interés. Los resultados indican que con WRF pueden obtenerse buenos resultados de pronóstico de niebla en la zona de estudio, siempre y cuando las parametrizaciones sean elegidas adecuadamente conforme a las características de formación del fenómeno.

CCA-5

VARIABILIDAD DEL CAMPO DE VIENTOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Castro Valdez Rubén¹, Parés Sierra Alejandro² y Flores Ana Laura¹

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²CICESE

rcastro@uabc.edu.mx

Variaciones espaciales y temporales del campo de viento en el Golfo de California (GC) se analizaron en bases de datos de re-análisis (~20 años) y se compararon en algunas localidades con estaciones meteorológicas autónomas costeras. En general, en la mayor parte del golfo el viento se dirigió hacia el sureste, mientras que la inversión no se observó igual en todo el golfo, aunque se presentó primordialmente durante los meses de verano. El cambio anual en la dirección del viento (180° en sentido de las manecillas del reloj) en casi todo el golfo, con una variación semianual superpuesta, es mostrado en el primer modo (85%) de las Funciones Empíricas Ortogonales Complejas. La variabilidad (r. c. m.) de los vientos en el GC se distribuyó de manera desigual; en el otoño y primavera se incrementó (>3.5 m/s) hacia el sur de 26.5N, en el invierno en general se mantuvo a ~3 m/s con el máximo hacia la cabeza del golfo, mientras que en el verano resultó la menor variabilidad. El análisis armónico anual mostró que la amplitud y la varianza explicada fue mayor para la componente meridional con máximos (~4.5 m/s, ~50%) hacia la entrada al golfo, y la componente zonal más alta (~2 m/s, ~35%) fue al sur de las grandes islas (~27N). Se discuten dos patrones en el cambio de dirección del viento hacia el E-NE durante el verano, al norte de 28.5N y en la entrada al golfo, así como la influencia del rotacional del esfuerzo del viento sobre el océano, el índice de surgencias, entre otras cosas.

CCA-6 PLÁTICA INVITADA

STRATOSPHERIC SULFUR GEOENGINEERING – BENEFITS AND RISKS

Robock Alan

Department of Environmental Sciences, Rutgers University

roboc@envsci.rutgers.edu

Geoengineering, also called climate engineering, has been proposed as a "solution" to global warming, involving "solar radiation management (SRM)" by injecting particles into the stratosphere, brightening clouds, or blocking sunlight with satellites between the Sun and Earth. While volcanic eruptions have been suggested as innocuous examples of stratospheric aerosols cooling the planet, the volcano analog actually argues against stratospheric geoengineering because of ozone depletion and regional hydrologic responses. No such systems to conduct stratospheric geoengineering now exist, but a comparison of different proposed stratospheric injection schemes, using airplanes, balloons, and artillery, shows that using airplanes to put sulfur gases into the stratosphere would not be expensive. Nevertheless, it would be very difficult to create stratospheric sulfate particles with a desirable

size distribution. Our Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP), conducting climate model experiments with standard stratospheric aerosol injection scenarios, is ongoing. We have found that if we could counteract increasing greenhouse gases with insolation reduction we could keep the global average temperature constant, but global average precipitation would reduce, particularly in summer monsoon regions around the world. Temperature extremes would still increase, but not as much as without SRM. If SRM were halted all at once, there would be rapid temperature and precipitation increases at 5-10 times the rates from gradual global warming, which could be devastating to natural ecosystems. SRM combined with CO₂ fertilization would have small impacts on rice production in China, but would increase maize production. SRM using stratospheric aerosols would reduce stratospheric ozone and enhance surface UV-B radiation. The enhanced downward diffuse radiation would increase the surface CO₂ sink. If there were a way to continuously inject SO₂ into the lower stratosphere, it would produce global cooling, stopping melting of the ice caps, and increasing the uptake of CO₂ by plants. But there are at least 27 reasons why stratospheric geoengineering may be a bad idea. These include disruption of the Asian and African summer monsoons, reducing precipitation to the food supply for billions of people; ozone depletion; no more blue skies; reduction of solar power; and rapid global warming if it stops. Furthermore, there are concerns about commercial or military control, and it may seriously degrade terrestrial astronomy and satellite remote sensing. Global efforts to reduce anthropogenic emissions (mitigation) and to adapt to climate change are a much better way to channel our resources to address anthropogenic global warming.

CCA-7

RIESGOS Y COSTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Estrada Porrua Francisco¹, Botzen Wouter² y Calderón-Bustamante Oscar¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, CCA

²VU University Amsterdam

fepporra@atmosfera.unam.mx

Este estudio muestra que México es considerablemente vulnerable a los efectos de cambio climático. Bajo un escenario de inacción (business-as-usual), los costos económicos acumulados durante este siglo serían comparables a perder entre el 50% y hasta más de 4.5 veces el producto interno bruto (PIB) actual de México. El umbral de 4°C en la temperatura anual, que es considerado como un aumento al cual difícilmente gran parte de los ecosistemas pudieran adaptarse, podría alcanzarse durante la década del 2070 en algunas regiones del norte de México. El sureste, centro y la costa del Pacífico podrían experimentar decrementos en la precipitación de al menos 10% para mediados de este siglo. Las mayores pérdidas en términos absolutos se tendrán en áreas que, en general, corresponden a centros urbanos. Más aún, estas áreas experimentarán grandes pérdidas económicas en el futuro cercano o incluso en el presente. En la zona metropolitana de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las pérdidas causadas por cambio climático podrían rebasar los mil millones de dólares en la década del 2020. Las áreas que rodean estos grandes centros urbanos podrían rebasar el umbral de pérdidas de al menos mil millones de dólares durante las décadas del 2030 y 2040. Durante la segunda parte del siglo, la mayor parte de México tendría pérdidas iguales o mayores a 5% del PIB local como consecuencia del cambio climático. La inercia de los sistemas climático, social y económico hacen que los cambios que se prevén en el clima en el futuro cercano sean, en gran medida, inevitables. Sin embargo, estos impactos se pueden reducir mediante la implementación de estrategias de mitigación internacional y acciones locales de adaptación y reducción de riesgo.

CCA-8

TRAYECTORIAS LAGRANGIANAS EN UN EVENTO EXTREMO DE VIENTOS DE SANTA ANA

Álvarez Báez Christian Adrián y Carbajal Pérez José Noel

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

christian.alvarez@ipicyt.edu.mx

El fenómeno meteorológico de los vientos de Santa Ana afecta al suroeste de Estados Unidos y el noroeste de México durante las épocas de otoño e invierno. Los vientos de Santa Ana son capaces de causar un fuerte impacto ambiental mediante la formación de tormentas de polvo e incendios forestales. Se aplicó el estudio de trayectorias lagrangianas en el evento del 21 de octubre del 2007 con la ayuda del modelo lagrangiano HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Los resultados de esta investigación dieron respuestas a varias preguntas. El polvo transportado desde el desierto durante el evento fue capaz de cruzar la cadena montañosa del norte de la península de Baja California (Sierra de San Pedro Mártir y Sierra de Juárez) alcanzando zonas densamente pobladas como las ciudades de San Diego, Tijuana y Ensenada. Gran parte del polvo proveniente del Desierto de Altar y la costa oeste de Sonora, es transportado a lo largo del Golfo de California contribuyendo a la mineralización del golfo causando cambios positivos en la productividad biológica mencionados en otros estudios. Las trayectorias sugieren el descenso de parcelas de aire desde una mayor altura (1-2 km) hasta alcanzar la superficie. Esto podría estar contribuyendo al calentamiento típico de los vientos de Santa Ana en California y Baja California de una forma que no ha sido documentada. Se encontró la formación de eddies en la atmósfera sobre el mar originados probablemente por fuertes contrastes de intensidad de viento.

CCA-9

GENERACIÓN DE TORMENTAS DE POLVO CAUSADAS POR FRENTERAS FRÍOS EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO

Guevara María de Jesús, Carbajal Pérez José Noel y Tuxpan Vargas José

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT

guevara.macias@gmail.com

La presencia de frentes fríos en México durante la estación de invierno trae consigo diferentes fenómenos meteorológicos. En este trabajo se analiza la presencia de fuertes vientos asociados al avance del frente frío sobre el territorio. Los fuertes vientos al interactuar con el terreno pueden ocasionar eventos como son tolvaneras y tormentas de arena o polvo esto principalmente en las regiones áridas y semiáridas del centro-norte México. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos a partir de un análisis de datos de viento registrados por ocho estaciones meteorológicas localizadas en el Estado de Zacatecas. Se identificaron picos de velocidades máximas que están por arriba de las velocidades mínimas requeridas para el levantamiento de polvo. En la zona de estudio los vientos pueden alcanzar a menudo velocidades de 15 m/s con ráfagas de más de 20 m/s. La velocidad crítica para el entrapamiento de polvo es de 9 m/s. Se investigó la generación de tormentas de polvo para frentes fríos provenientes de diferentes direcciones y se documentó el tipo de tormenta generada; zona de emisión, concentraciones y dirección de la pluma. Se hace una comparación con tormentas de polvo documentadas en imágenes satelitales.

CCA-10

AMBIENTES A ESCALA SINÓPTICA ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE TORNADOS EN EL EJE NEOVOLCÁNICO TRANS-MEXICANO

León Cruz José Francisco¹, Carbajal Pérez José Noel¹ y Pineda Martínez Luis Felipe²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT

²Universidad Autónoma de Zacatecas

jose.leon@ipicyt.edu.mx

Por su ubicación geográfica México es propenso a la interacción de múltiples sistemas a escala sinóptica, tales como ciclones/ondas tropicales y sistemas frontales, entre otros. La variada configuración del país provoca que dichos sistemas interactúen con elementos locales tales como la topografía, proveyendo un escenario interesante para analizar. En este contexto, una gran cantidad de tormentas severas y ocasionalmente tornados son reportados cada año. Una de las regiones más propensas a este tipo de eventos convectivos es el Eje Neovolcánico Trans-Mexico, misma región que se ha catalogado como una magnífica barrera natural en la propagación de flujos. En esta investigación se analizan ambientes a escala sinóptica que han sido relacionados con la formación de tornados en esta parte de México. Para ello se utilizan cartas de superficie y a diferentes niveles de altura con el fin de caracterizar la circulación asociada y su interacción con elementos locales. Se proponen así, patrones sinópticos asociados a la formación de tornados en la compleja orografía del centro de México, siendo esta una primera aproximación a la problemática planteada por estos fenómenos en el país.

CCA-11

ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE HUMEDAD MARÍTIMAS Y TERRESTRES PARA LAS PRECIPITACIONES EN EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

González García María Isabel y Adams David

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

maryisabela15@gmail.com

En este trabajo se presenta un análisis de la contribución de las principales regiones fuentes de humedad atmosférica (golfo de California/Pacífico tropical oriental o el golfo de México/Mar Caribe) para las precipitaciones en el monzón de Norteamérica (NAM por su siglas en inglés). Para ello se emplearon los datos de GPSMet de las redes de COCONet, TLALOCNet y de Suominet en el noroeste de México, el suroeste de los Estados Unidos y el Caribe. Además, se emplearon los datos del Transecto GPS del NAM del 2013 y de la Red GPS Hidrometeorológica del NAM del 2017, así como los datos del reanálisis de ERA5, lo que permitió tener una mayor visión del comportamiento de los flujos de humedad a gran escala. Para analizar el comportamiento de la actividad convectiva sobre el NAM, se utilizaron los datos de relámpagos de Vaisala GLD 360 y la intensidad de la precipitación medida en las estaciones de superficie. El periodo seleccionado para el estudio es el comprendido desde el 1 de junio del 2013 al 30 de septiembre del 2017, lo que constituyen 5 estaciones monzónicas. El principal objetivo de la investigación fue encontrar la contribución de humedad de cada una de las regiones fuentes marítimas y terrestres para la ocurrencia de precipitaciones y el desarrollo de la actividad convectiva en la región del NAM. El cálculo de los flujos de humedad integrados en la vertical a partir de los datos de reanálisis de ERA5, tanto en niveles bajos como en niveles altos, mostró que el aporte de humedad hacia la región del NAM tiene una mayor componente en niveles bajos con la presencia de una profunda lengua de humedad sobre el golfo de California/Pacífico tropical oriental. El uso de los datos de las torres de flujo de la Red de GPS Hidrometeorológica del NAM del 2017 permitió

hacer un análisis del reciclaje hídrico en una escala local, aproximadamente 30 km, mostrando que a nivel local el flujo de vapor de agua terrestre tiene poco impacto en la cantidad de vapor de agua que hay en la columna y por tanto su contribución para las precipitaciones en el monzón no es comparable con la otras fuentes (golfo de California/Pacífico tropical oriental). El cálculo del viento ponderado por el vapor de agua, a partir de los datos de sondeos de algunas estaciones en el suroeste de los Estados Unidos, permitió conocer la dirección e intensidad del viento con mayor contribución de vapor de agua a la columna troposférica.

CCA-12

EL "WARM BLOB" DEL PACÍFICO NORTE DURANTE 2013-2015 Y REGISTROS DE EVENTOS PASADOS EN LOS ÚLTIMOS 150 AÑOS

Ramos Rodríguez José Alejandro
Universidad Autónoma de Baja California Sur
jalejandro.ramos@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 la interpolación óptima de la temperatura superficial del mar (12,545 archivos, 1981-2016) se hace una descripción de su extensión geográfica y anomalías 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, y utilizando 3 criterios de selección. Basándose en los mismos, se registran durante los pasados 150 años dos eventos muy similares al "Warm Blob" reciente. Se describen estos y se discute su probable ocurrencia cíclica.

CCA-13

CAMBIOS EN VALORES EXTREMALES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN (1980-2010)

Cerezo-Mota Ruth¹, Méndez Pérez Matías² y Pineda Martínez Luis Felipe³

¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM

²Universidad Veracruzana

³Universidad Autónoma de Zacatecas
ruth.cerezmota@gmail.com

En el informe más reciente del IPCC (Stocker et al. 2013) se reporta que la temperatura superficial del aire (Tas) y los extremos de temperatura a nivel global muestran una tendencia positiva y cada década es más cálida que la anterior, con el número de días y noches cálidas en aumento. El mismo reporte indica, con menor certeza que la tendencia de Tas, que a nivel global los eventos extremos de precipitación también están aumentando (en intensidad o en frecuencia). Aunque se han realizado varios estudios sobre extremos de temperatura y precipitación en el país no existen trabajos para la Península de Yucatán, por lo que en este trabajo se analizan cambios en los valores de temperatura y precipitación extremos, usando los índices definidos por el Equipo de Expertos en Cambio Climático, Detección, Monitoreo e Índices (ETCCDMI, por sus siglas en inglés). El estudio se hizo con datos de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional y los resultados fueron comparados con 3 simulaciones de dos modelos regionales climáticos (RegCM4 y HadRM3P) para el periodo 1980 al 2010.

CCA-14

CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE LOS VIENTOS DE SANTA ANA: PROYECCIONES PARA EL SIGLO XXI

Guzmán Morales Janin¹ y Gershunov Alexander²

¹Scripps Institution of Oceanography, SIO

²Scripps Institution of Oceanography
jguzmanmorales@ucsd.edu

Los vientos de Santa Ana (SA) son un fenómeno clave para la región fronteriza de California que comprende el sur de California y la parte norte de Baja California. Este régimen de vientos ha sido fundamental en la iniciación y dispersión de los incendios forestales más notorios de la región y junto con el régimen mediterráneo de precipitación de la región determinan la particular estacionalidad de los incendios forestales. Este estudio examina el comportamiento de los vientos de SA basado en simulaciones históricas y proyecciones futuras de Modelos Climáticos Globales (GCM). Con la propósito, desarrollamos, validamos y aplicamos una técnica híbrida dinámica-estadística para la reducción de escala de vientos superficiales de ocho GCM a una malla de 10x10km de la cual derivamos valores diarios de vientos de SA en un periodo de 150 años. Validamos características claves de la climatología de los vientos de SA derivados de los GCM durante el periodo histórico y determinamos la evolución del comportamiento durante el siglo XXI poniendo especial atención a los cambios en las ocurrencias extremas. Los ocho GCM proyectan robustamente una disminución gradual en la actividad de vientos SA desde principios del siglo XXI que es consistente con cambios sinópticos en la fuerza del gradiente

de presión necesario para la formación de estos vientos. De acuerdo con las proyecciones, la disminución es más pronunciada al inicio y al final de la temporada, es decir, otoño y primavera. En cambio, el pico estacional de los vientos SA (Noviembre-Diciembre-Enero) es menormente afectado. Estos resultados aunados a recientes estudios sobre cambios en el régimen de precipitación de la región sugieren un desplazamiento gradual de origen antropogénico en la estación de los incendios forestales de otoño a invierno.

CCA-15

EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO NUMÉRICO DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

Coronel Pastrana Héctor¹, López Espinoza Erika Danaé², Zavala-Hidalgo Jorge², Robles Muñoz Daniel¹, Gómez-Ramos Octavio³ y Romero-Centeno Rosario²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

hectorcoronelp@ciencias.unam.mx

En esta investigación se evalúa el pronóstico de eventos extremos de precipitación para la República Mexicana por parte del sistema de pronóstico operacional del Centro de Ciencias de la Atmósfera. Los eventos extremos de precipitación se definieron a partir del análisis de los percentiles 90, 95 y 99 obtenidos de las estaciones meteorológicas automáticas EMAs para el año 2015. La evaluación fue realizada para las primeras 72 horas de pronóstico, haciendo un análisis cada 24 horas (0-23, 24-47, 48-71). Un total de 756 eventos extremos de precipitación fueron evaluados considerando los tres percentiles. El análisis cuantitativo del pronóstico consideró una evaluación dicotómica de la precipitación acumulada, una evaluación de la precipitación acumulada total diaria y el cálculo de tres métricas estadísticas: la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el índice de concordancia (IOA) y el sesgo (BIAS). A partir de los resultados obtenidos, se observó que el pronóstico a 72 horas (48-71) obtiene un mejor comportamiento durante la evaluación dicotómica. Durante la evaluación de la precipitación acumulada total diaria, el percentil 90 presenta un menor error que el percentil 99. En general, considerando esta evaluación a nivel nacional, se observa que el pronóstico de precipitación acumulada es subestimado.

CCA-16

IDENTIFICACIÓN DE DOBLAMIENTOS DE LA TROPOPAUSA MEDIANTE COLUMNAS PARCIALES DE N₂O, CH₄, HCL Y O₃ MEDIDAS EN EL CENTRO DE MÉXICO

Pavía Rubén, Grutter Michel, Stremme Wolfgang y Magaldi Adolfo

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

www.ruben6@gmail.com

En este trabajo se estudian las abundancias de diferentes gases atmosféricos, obtenidas experimentalmente, y los avances en su uso como indicadores de intrusiones estratosféricas. El Observatorio Atmosférico Altzomoni (19.12 °N, 98.66 °W), localizado a 3985 m s.n.m. en el Parque Nacional Iztapa-Popo, cuenta con un espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier de alta resolución (HR120/5 FTIR) que ha estado en operación desde 2012. A partir de los espectros medidos, se recuperaron valores de columnas totales y parciales de diferentes gases de importancia en el análisis de la atmósfera. En esta presentación se mostrará el comportamiento de las columnas de algunos de estos gases (N₂O, CH₄, HCl, O₃), y cómo sus anomalías pueden relacionarse con eventos en los que parcelas estratosféricas acceden a la tropósfera. Para corroborar tales eventos de intrusión se usarán modelos numéricos, cuyas salidas incluyen variables dinámicas (vorticidad potencial, temperatura potencial) comúnmente utilizadas en la detección de perturbaciones de la tropopausa.

CCA-17

PRONÓSTICO DE NIEBLA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO: UN ENFOQUE TERMODINÁMICO

García-García Fernando¹, González Viveros Pohema de Jesús² y Caetano Ernesto³

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, CCA - UNAM

²Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra - UNAM

³Instituto de Geografía - UNAM

ffgg@atmosfera.unam.mx

La niebla se origina cuando la temperatura ambiente y el punto de rocío se vuelven casi idénticos en una masa de aire, lo cual puede ocurrir mediante enfriamiento o agregando humedad hasta alcanzar su sobresaturación. La formación de este fenómeno ocurre bajo condiciones que incluyen complejas interacciones entre procesos termodinámicos, dinámicos y microfísicos en diversas escalas espaciales y temporales, que además están asociadas a una gran variabilidad en la interfaz superficie-atmósfera y a efectos topográficos. Debido a esto, se requiere de una buena comprensión de los mecanismos físicos de formación de niebla para desarrollar herramientas adecuadas de modelado y pronóstico.

El sistema de clasificación de niebla más ampliamente utilizado, que se basa en las condiciones sinópticas predominantes y los principales procesos físicos responsables de la formación del fenómeno, considera tres tipos principales: por radiación, por advección y frontal. En particular, la niebla por radiación se produce cuando el enfriamiento por radiación nocturna reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío, típicamente bajo condiciones de cielos despejados y viento débil. Esto permite abstraer los procesos termodinámicos, pues los procesos dinámicos son de menor importancia. En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio para el pronóstico de la temperatura de formación de niebla por radiación usando las ecuaciones de la termodinámica para el aire húmedo. El método fue evaluado con eventos históricos ocurridos en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) entre 2003 y 2012, utilizando los reportes correspondientes de la Météorologique Aviation Régulière (METAR). Asimismo, los resultados fueron comparados con los obtenidos mediante simulaciones realizadas con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Se concluye que, para nieblas por radiación, el enfoque termodinámico da resultados satisfactorios e inclusive superiores a los obtenidos con el WRF.

CCA-18

LA COLUMNA VERTICAL DE MONÓXIDO DE CARBONO SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO: SU MEDICIÓN E IMPORTANCIA

Stremme Wolfgang¹, Grutter Michel¹, Bezanilla Morlot Alejandro¹, Taquet Noemie¹, Pavia Rubén¹, Baylon Jorge¹, Herrera Beatriz¹, García Zuber Alain Jairo¹, Robles Miguel Ángel¹, Rivera Claudia², Maldonado Gilberto³, García Agustín³, Blumenstock Thomas³, Hase Frank³, Petri Christof⁴, Borsdorff Tobias⁵ y Landgraph Jochen⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México

²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México

³Karlsruhe Institute of Technology (KIT), IMK-ASF, Karlsruhe, Germany

⁴University of Bremen, Institute of Environmental Physics, Bremen, Germany

⁵SRON Netherlands Institute for Space Research, Utrecht, the Netherlands
stremme@atmosfera.unam.mx

Desde hace 10 años se mide la columna vertical de monóxido de carbono (CO) en la Ciudad de México, desde el Centro de Ciencias de la Atmósfera (19.33°N, 99.18°W) y en el 2012 se comenzaron las observaciones de este mismo parámetro desde un sitio remoto: la estación de altura en Altzomoni (4000m a.s.l., 19.12°N, 98.65°W). La recuperación del gas a partir de los espectros infrarrojos se realiza con el código PROFFIT, el cual permiten resultados confiables con un análisis detallado de los errores. Desde el inicio se han usado diferentes equipos y configuraciones por lo que ha sido necesario elaborar una estrategia de homogenización y armonización de los datos. La medición de la columna vertical desde la superficie se usa para validar y calibrar las mediciones satelitales por instrumentos como el MOPPIT, IASI y TROPOMI. La columna vertical es insensible a la distribución vertical y directamente relacionada con el flujo y la emisión de CO. En el lapso de 10 años se aprecia una tendencia y su variabilidad estacional, útiles para evaluar de posibles efectos de diferentes medidas de la política pública aplicada para mejorar la calidad del aire. En este trabajo se resume lo que se ha aprendido a lo largo de estos años de mediciones y se presentan primero los resultados preliminares de una comparación de las diferentes mediciones desde superficie y espacio, y en segundo lugar la armonización de las mediciones. Finalmente se presenta un análisis de las series de tiempo.

CCA-19

CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS Y POTENCIALES FUENTES DE EMISIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPS) ASOCIADOS CON LAS PM2.5 EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Murillo Tovar Mario Alfonso¹, Saldarriaga Noreña Hugo Albeiro¹ y Amador Muñoz Omar²

¹Universidad Autónoma del Estado de Morelos, UAEM

²Universidad Nacional Autónoma de México
mario.murillo@uaem.mx

En este estudio se evalúa la presencia 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPS) con la finalidad de sugerir las fuentes de emisión de partículas finas respirables (PM2.5) colectadas en cinco sitios (Coyoacán-COY, Merced-MER, San Agustín-SAG, Tlalnepantla-TLA y UAM-Iztapalapa-UIZ) y tres temporadas (secas frías-SF, secas calientes-SC y lluvias-LL) del Área Metropolitana de Ciudad de México. El análisis de las medianas de las concentraciones atmosféricas de los 16 HAPS mostró similitudes entre los distintos sitios con fuentes de emisión comunes, mientras que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre temporadas con las concentraciones más altas en secas frías, seguidas por secas calientes y lluvias. La mayor abundancia de benzo(ghi)perileno mostró la importante contribución a partículas PM2.5 por la quema incompleta de combustibles fósiles, mientras que la estimación de razones de diagnóstico (HAPS/#isómeros) sugiere que esto se debe primordialmente al empleo de gasolina y diesel en vehículos equipados con catalizadores.

CCA-20

FACTORES METEOROLÓGICOS DE LAS CONTINGENCIAS AMBIENTALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Silva Quiroz Rafael¹, Rivera Ana Leonor² y Ordoñez Pérez Paulina²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México
sqrf@icloud.com

La Ciudad de México tiene problemas de contaminación severos desde hace varias décadas. Las autoridades han tratado de mitigar el problema tomando medidas como la eliminación de plomo en gasolinas o la regulación del tránsito de la CDMX cuando la concentración de Ozono rebasa las 155 ppb. Debido a esto se tiene un monitoreo regular en diversas estaciones meteorológicas de diversas variables asociadas con las contingencias ambientales. En este trabajo se estudian las variables meteorológicas y químicas involucradas para causar contingencias ambientales. De los datos disponibles obtenidos del repositorio de la SEDEMA, se consideró estudiar la temperatura (T), rapidez del viento (WSP) y humedad relativa (RH), así como los óxidos de nitrógeno (NOx), el ozono (O3) y partículas suspendidas (PM10). De las variables previamente mencionadas, se seleccionaron cinco estaciones de medición, cuya resolución temporal es horaria. Esta elección está basada en la calidad de los datos, menos del 10.4% de datos perdidos. Las estaciones estudiadas son Merced (MER), Tlalnepantla (TLA), San Agustín (SAG), UIZ (UAM Iztapalapa) y Pedregal (PED). De la serie de tiempo promediada en las cinco estaciones en la concentración de ozono, se observan dos tendencias: una decreciente desde 1986 hasta 2004 y otra de 2005 al presente, por ello, se decidió estudiar el periodo comprendido entre 2005 a 2017, en los meses Marzo, Abril y Mayo, en los cuales se encuentra la mayor concentración de ozono. En los datos a estudiar se aplicó el percentil 90, para determinar los casos extremos en lugar del parámetro establecido gubernamentalmente para declarar contingencias. Se ha encontrado una relación, como era de esperarse, entre altos niveles de ozono y baja rapidez del viento y humedad relativa, signos de una inversión térmica por subsidencia, la cual se asocia con un bloqueo atmosférico. Este trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto UNAM DGAPA-PAPIIT IN106215.

CCA-21

INCORPORANDO DAÑOS ECOSISTÉMICOS EN EL COSTO SOCIAL DEL CARBONO

Bastien Olvera Bernardo Adolfo y Moore Frances

Universidad de California, Davis

bastien@ucdavis.edu

En este estudio incorporamos el sector ecológico al modelo integrado de cambio climático DICE. En este sector, los servicios ecosistémicos son producidos por el capital natural y son sustitutos imperfectos del consumo de bienes comerciales en la función de utilidad. Elaborando sobre trabajos previos, mostramos la importancia de la sustitución entre bienes de mercado y no mercantiles al determinar los impactos del cambio climático en el bienestar y en el costo social del carbono. A través de un conjunto de simulaciones mostramos el efecto de incrementar la complejidad en la representación del sector ecológico, al incluir impactos en el capital natural, impactos en la producción de servicios ecosistémicos e inversiones en el sector. Discutimos posibles caminos a futuro para informar empíricamente los parámetros del modelo usando conocimiento de daños climáticos a ecosistemas y métodos de valuación de servicios ecosistémicos.

CCA-22

ESTIMACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE AEROSOLUS USANDO MÉTODOS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Rosales Yoendris, Carbajal Pérez José Noel y Tuxpan Vargas José

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT

yoendris.rosales@ipicyt.edu.mx

Los incendios forestales queman al año considerables toneladas de biomasa con la emisión de grandes cantidades de gases y aerosoles. El principal objetivo es estimar el tamaño de los incendios, la biomasa quemada y gases emitidos a la atmósfera así como la dispersión de aerosoles. La emisión de gases nocivos a la atmósfera por incendios forestales constituye un problema ambiental creciente. Utilizando técnicas SIG y procesamiento digital de imágenes satelitales fue posible determinar las áreas quemadas para la temporada de incendios 2017 en la península de Yucatán. La biomasa afectada fue determinada con la superposición de capas de vegetación y áreas quemadas y el empleo de índices de carga de biomasa por hectárea para los diferentes tipos de vegetación. Se estimó la cantidad y tipo de gases emitidos a partir de factores de emisión establecidos. Se calcularon valores cercanos a las 138 mil hectáreas quemadas en la temporada de incendios 2017 para la Península de Yucatán. La biomasa quemada fue del orden de 11 millones de Mg. La técnica aplicada para la determinación de áreas devastadas por incendios forestales y la correspondiente estimación de biomasa quemada puede ser extendida a otras regiones con problemas ambientales similares.

CCA-23

USO DE LA TÉCNICA GPS PARA EL ESTUDIO DE AGUA PRECIPITABLE EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Mendoza Fierro María del Refugio Lourdes¹, Adams David² y Fernandes Rui³¹Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, FI UNAM²Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM³Department of Computer Sciences. University of Beira Interior
mendoza.ma.08@gmail.com

El Sistema de Posicionamiento Global (en inglés GPS) es una herramienta que transmite información satelital en diferentes frecuencias, que recientemente es utilizada para la obtención de mediciones de vapor de agua bajo condiciones de nubosidad o lluvia, con una precisión de 2.4 mm comparado con sondeos y radiómetros a una frecuencia de 5 minutos. En México, se ha empleado esta técnica para estudios de convección en el Noroeste del país con los experimentos internacionales The North American Monsoon GPS Experiment 2013 y The North American Monsoon Hydrometeorological Network 2017. Paralelamente, se ha creado infraestructura GPS permanente en los últimos años con TLALOCnet y COCONet. Esta infraestructura permite monitorear la evolución temporal y espacial de fenómenos atmosféricos como tormentas convectivas, además representa una ventaja atractiva para el estudio de transporte de vapor de agua en regiones tropicales y subtropicales como lo es México. En este trabajo, empleamos datos de estas redes permanentes y de las 2 campañas experimentales para analizar algunos aspectos de la técnica GPS relacionados con su procesamiento, que afectan particularmente en la precisión del cálculo de vapor de agua precipitable (en inglés PWV). Analizamos el RMSE producido en la obtención de PWV al utilizar órbitas ultra rápidas (dentro de la hora de medición), rápidas (disponibles al día siguiente) y finales (2 semanas aproximadamente), así como las funciones de mapeo atmosférico Niell y VMF1 con el software de procesamiento GIPSY. Esto permite analizar la posibilidad de errores como función de altitud o de ubicación del receptor GPS, así como determinar su uso en México para la previsión de tiempo. También, como una aplicación, obtenemos el gradiente horizontal de vapor de agua con datos del Monzón de Norteamérica (en los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua).

CCA-24

DETECCIÓN Y REGIONALIZACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS METEOROLÓGICOS QUE SE PRESENTAN EN LA REPÚBLICA MEXICANA A PARTIR DE PLATAFORMAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Zarraluqui Víctor¹ y Bravo Jose²¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M., C.C.A.²Centro de Ciencias de la Atmósfera
vzs1@atmosfera.unam.mx

A lo largo del año se presentan diferentes fenómenos y sistemas que alteran los patrones normales del clima no solo en la República Mexicana incluso a nivel global. Tal es el caso de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) que ha sido descrita y documentada ampliamente desde hace muchos años. Como es sabido El Niño y su contraparte La Niña modifican también los patrones de precipitación en las diferentes regiones que unidos a varios mecanismos asociados, resultan en anomalías de precipitación generando sequías o inundaciones, (según sea el caso) sobre diferentes regiones de la República. Mediante el uso de plataformas de percepción remota tales como los satélites TRMM ó su sucesor GPM es posible detectar varios de estos sistemas y regionalizar su influencia mediante el comportamiento de parámetros como la precipitación, que permiten tener información más detallada y sobretodo mayor cobertura que las estaciones en tierra. En este trabajo se lleva a cabo un ejercicio para la detección y regionalización mencionados a partir de un análisis de las anomalías en la precipitación durante la presencia de estos fenómenos y otros sistemas a lo largo del año a escala mensual y estacional, usando los datos proporcionados por estas plataformas, en particular del satélite TRMM (cuya información ya ha sido validada con otras plataformas y estaciones terrestres), y tomando como referencia el índice ENOS multivariado. Dada la resolución espacial y temporal de los algoritmos se logró definir con mayor precisión las zonas influenciadas y/o afectadas por estos, así como una evaluación cuantitativa. Los resultados obtenidos coinciden en cuanto al comportamiento de la precipitación en las regiones descritas en la literatura por diversos autores. Por otra parte este ejercicio es una primera aproximación a la cual se tendrá que descontar factores como la variabilidad entre otros. Y nos ayudará a determinar los alcances y limitaciones de los productos de estas plataformas que hoy representan una fuente de información vital para la comprensión y generación de conocimiento en el tema.

CCA-25

INSTRUMENTACIÓN DE BAJO COSTO PARA EL ESTUDIO DE LA METEOROLOGÍA Y DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Vázquez Morales Williams¹, Díaz Nigenda Emmanuel¹, Vázquez CruzGustavo², Rendón Vázquez Liliana¹ y Pérez Villatoro Carlos Eduardo³¹Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH²Instituto de Geografía, UNAM

williams.vazquez@unicach.mx

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas tiene un crecimiento desmedido de la zona urbana, esto implica un cambio de uso de suelo, actividades propias de un ambiente urbano y una evidente reducción de la vegetación, que se ven reflejados en afectaciones ambientales. Tal es el caso de la contaminación del aire, que es uno de los problemas que afecta directamente a la población, para determinar la calidad del aire en la ciudad, es necesario realizar un monitoreo atmosférico que consta en muestrear, analizar y procesar de forma continua, los datos meteorológicos y las concentraciones de los contaminantes presentes en el aire, con el propósito de identificar las fuentes y sus causas, para establecer posibles medidas de mitigación o reducción. En Tuxtla Gutiérrez los estudios en calidad del aire son pocos o nulos, de igual forma no se cuenta con bases de datos históricas o actuales, sobre los contaminantes que afectan a la ciudad. Esto genera varias incógnitas tales como: ¿Es buena o mala la calidad del aire en Tuxtla Gutiérrez?, ¿Es necesario establecer medidas de mitigación para la reducción de la contaminación del aire en Tuxtla?, a ciencia cierta estas respuestas no se pueden responder debido a esta carencia de información. En el Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IGERCC) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), desde el 2012 se vienen realizando proyectos para monitorear, cuantificar y determinar la calidad del aire en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Para ello, se ha empleado herramientas de modelación, estaciones meteorológicas y muestreadores de partículas, pero los elevados costos de los equipos comerciales nos han llevado a incursionar en desarrollo tecnológico de bajo costo y fácil acceso, una de estas tecnologías es el VANT o DRONE que es un vehículo aéreo no tripulado, que su mayor uso ha sido de tipo cinematográfico. La versatilidad de estos VANTs hace que sean empleados en las áreas de investigación científica, como por ejemplo en la meteorología. Con todo lo anterior surge el proyecto de instrumentar a un VANT, en el cual se montarán sensores de humedad, presión y temperatura acoplados a una SBC (ordenador de placa reducida), que en su primer objetivo es medir determinar la evolución de la altura de la capa de mezcla, y a la vez generar bases de datos pertinentes e indispensables para la validación de las modelaciones que se han realizado en la zona. Las primeras modelaciones realizadas en marzo del 2014 para la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, consistió en determinar la isla de calor urbana, en la que se observa una diferencia térmica de 3 a 4 grados Celsius entre la zonas urbanas y no urbanas, para validar estos resultados se implementó estaciones meteorológicas en algunos puntos de la ciudad, que dieron inicio a un monitoreo meteorológico, y como parte de esta continuidad, el proyecto de instrumentación del VANT meteorológico que actualmente se encuentra en un 80% de avance, fortalecerá los estudios en materia de la calidad del aire.

CCA-26 PLÁTICA INVITADA

¿CÓMO SE ORGANIZAN LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA?

Alfaro Barea Diego Adolfo

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
diego.alfaro@atmosfera.unam.mx

Las nubes cumulonimbus están asociadas a tormentas cuya escala horizontal es de aproximadamente 10 km y cuya duración está entre 30 y 60 minutos. Bajo ciertas condiciones, conjuntos de cumulonimbus se organizan para abarcar regiones extensas (escala característica de 100 km), obteniendo estructuras que les permite persistir varias horas y propagarse cientos de kilómetros, a veces produciendo condiciones de tiempo severo. Estas tormentas organizadas, denominadas sistemas convectivos de mesoescala (SCM), son de gran relevancia meteorológica, pues contribuyen significativamente a la precipitación estacional en distintas regiones tropicales y extratropicales, incluyendo parte del territorio mexicano. En esta plática se abordará la siguiente pregunta: ¿cómo se organizan los SCM para producir precipitación ininterrumpida durante varias horas en áreas tan extensas? En particular, se presentarán dos teorías complementarias que permiten interpretar el rol que juegan la cizalladura ambiental y la inestabilidad convectiva en la organización de SCM. Primero se describirá el paradigma de balance de momento (BM) para la orientación de la corriente ascendente en la zona convectiva profunda, siendo este un elemento crucial para la organización de SCM. Simulaciones numéricas idealizadas sugieren que BM representa un marco conceptual apropiado para diagnosticar la inclinación de la corriente ascendente. Luego se presentará el modelo convectivo de ascenso por capas (MCAC), por medio del cual se definen métricas de inestabilidad convectiva contemplando el calentamiento latente producido por el ascenso de capas profundas de aire ambiental. Se discutirán resultados de simulaciones numéricas y análisis observacionales que validan la relevancia del MCAC para la intensidad y manutención de SCM. Finalmente se presentará un modelo que integra las perspectivas de BM y MCAC para explicar la organización de los SCM. Dicho modelo fue validado a partir del análisis de

la evolución de un SCM simulado, sugiriendo una nueva interpretación sobre la organización de estas tormentas.

CCA-27

UNA TEORÍA DE BALANCE DE MOMENTO PARA LA ESTRUCTURA DE LA CORRIENTE ASCENDENTE EN CORRIENTES DE DENSIDAD Y SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA

Lezana Duran Fernando y Alfaro Berea Diego Adolfo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
music.is.math@ciencias.unam.mx

La organización de Sistemas Convectivos de Mesoescala (MCS) está estrechamente relacionada con la orientación de la corriente ascendente que resulta de la interacción entre la piscina fría y la cizalladura del viento ambiental. Dicha interacción es comúnmente enmarcada dentro de la teoría de balance de vorticidad (BV); sin embargo, estudios recientes han revelado importantes limitaciones del paradigma de BV, el cual pasa por alto los impactos de los perfiles verticales de la boyancia en la piscina fría y de la cizalladura ambiental. Con el objetivo de incorporar dichos factores en la caracterización de la corriente ascendente, en esta investigación se desarrolló una teoría de balance de momento (BM), la cual provee una nueva perspectiva sobre la organización de MCS. La teoría de BM se validó mediante simulaciones de corrientes de densidad adiabáticas, las cuales se asemejan a las piscinas frías de MCS lineales. Los resultados muestran claramente la superioridad de BM frente a BV para diagnosticar la orientación de la corriente ascendente en simulaciones contemplando diversas condiciones iniciales. Posteriormente, se analizó la evolución de la corriente ascendente en una simulación de un MCS, corroborando la aplicabilidad de BM a tormentas organizadas. La perspectiva de BM revela la retroalimentación entre la meso-baja de presión y la inclinación de la corriente ascendente, la cual es fundamental para entender la organización de MCS con precipitación estratiforme trasera.

CCA-28

CIRCULACIÓN EN LA TOPOGRAFÍA ONDULANTE DE LA CURVATURA DE MONTERREY

Ramírez López Ana Karen y Carbajal Pérez José Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT
ana.ramirez@ipicyt.edu.mx

La circulación sobre una topografía compleja resulta en flujos turbulentos condicionados por la forma del terreno provocando procesos locales y cambios en el comportamiento del viento, la temperatura, la humedad, la presión, entre otras variables. La zona topográficamente ondulante conocida como la Curvatura de Monterrey se caracteriza por un conjunto de cuencas orográficas y un marcado gradiente altitudinal que generan un relieve complejo e idóneo para investigar la interacción de diferentes perturbaciones atmosféricas (huracanes, ondas tropicales, frentes fríos y condiciones normales estacionales) con dicha topografía. Los casos analizados fueron: el huracán "Alex" que tuvo lugar del 25 de junio al 2 de julio del 2010 y que de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional produjo la mayor cantidad de precipitación acumulada (600 mm en 72 horas) sobre la región en más de 50 años. También se eligieron condiciones extremas de frentes fríos y de ondas cálidas. Se presentan resultados obtenidos a través de las simulaciones numéricas realizadas aplicando el modelo WRF. Se encontró que la topografía es un factor inequívoco de cambios en los patrones de viento, generando ondulaciones por encima de las cuencas. También se observó que las cuencas almacenan calor. Además, se encontró que los eventos extremos generan mecanismos conocidos como: transporte descendente de momento horizontal, canalización forzada, canalización inducida por gradiente de presión y flujos inducidos térmicamente provocando cambios en las condiciones locales sobre todo en las porciones más altas de los escarpes.

CCA-29

CARACTERIZACIÓN DE LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA SOBRE EL VALLE DE MÉXICO

Burgos Cuevas Andrea, García Franco Jorge Luis, Ruiz Angulo Angel y Adams David
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
andrea.burgos@atmosfera.unam.mx

El Valle de México es un terreno complejo debido a las montañas que lo rodean. Esta topografía afecta los procesos de transporte y mezclado en la capa límite atmosférica (ABL) con respecto a los mismos procesos en terrenos planos (De Wekker, 2015). La altura de la ABL determina la escala vertical del mezclado y ventilación sobre la Ciudad; por lo que constituye un parámetro muy importante en estudios de contaminación del aire y modelación climática. En la Ciudad de México se ha estudiado en particular la altura de la capa de mezcla (MLH). Varios autores han analizado datos de campañas de corta duración y recientemente un estudio consideró seis años de datos de lidar (García-Franco, 2018). Las MLH reportadas como máximas durante el día oscilan alrededor de los 2500 m; mientras que las mínimas se encuentran alrededor de los 1000 m. En el presente

trabajo se hace una comparación entre las alturas de ABL obtenidas mediante perfiles de temperatura potencial (a partir de radiosondeos) y mediante perfiles de retrodispersión de aerosoles (lidar). Además, utilizando los perfiles de temperatura potencial, se estudian las distintas estratificaciones que pueden presentarse sobre el Valle de México. Con ello, se hace una clasificación en cuatro categorías de las estructuras que pueden tener las inversiones térmicas en esta zona. Se presentan los resultados de un programa que automatiza la clasificación con el propósito de realizarla para varios años. Las estructuras más encontradas mediante este análisis corresponden a múltiples capas de inversiones térmicas (multicapas) en la ABL a las 6 de la mañana. Estas estructuras, más complejas que las de una sola capa de inversión, se atribuyen al terreno rodeado de montañas en el que se desarrollan. Este hecho concuerda con lo reportado por autores previos, que muestran que las brisas de valle-montaña pueden afectar la estructura de la ABL y con ello la ventilación vertical.

CCA-30

EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE VIENTO DE LOS MODELOS DE MESOESCALA RAP Y NAM PARA APROVECHAMIENTO EÓLICO

Pereyra-Castro Karla¹ y Caetano Ernesto²

¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geografía

karpereyra@gmail.com

La energía eólica es considerada una de las alternativas para transitar hacia una economía sustentable. La naturaleza variable del viento es motivo de preocupación para los operadores de sistemas eléctricos. Como la rapidez del viento fluctúa rápidamente en el tiempo, pueden ocurrir algunos errores críticos entre la producción de energía estimada y la real. Si bien, antes de instalar un parque eólico se hace una evaluación del recurso eólico que garantice la viabilidad del proyecto, el rendimiento de la planta es afectado por causas meteorológicas. Una correcta estimación de la energía generada puede ayudar al aprovechamiento eficiente del recurso eólico. En este trabajo se evalúa el pronóstico a corto plazo del viento por los modelos de mesoescala Rapid Refresh Model (RAP) y North American Mesoscale Forecast System (NAM), para el norte de México durante el 2013. El error absoluto medio (EAM), la raíz del error cuadrático medio, el sesgo y la correlación son las medidas estadísticas usadas para evaluar el desempeño de los modelos. Para la realización de dicho análisis se emplean datos observados en estaciones meteorológicas automáticas del Servicio Meteorológico Nacional y torres meteorológicas del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. Los resultados indican que los modelos de mesoescala pronostican la magnitud del viento con un EAM ~ 1.5 m/s, para regiones con terrenos sin elevaciones importantes en un radio de 10 km. En contraste con regiones de topografía compleja, donde los modelos muestran menor habilidad para reproducir la rapidez del viento (EAM ~ 2.5 m/s). La evaluación del impacto de la variabilidad del viento en el potencial eólico se realiza para turbinas eólicas de diferentes modelos. Se muestra que los cambios repentinos de la potencia eólica, asociados a cambios en la rapidez del viento, son reproducidos por los modelos de mesoescala. Finalmente, se obtiene una primera caracterización de eventos extremos de potencia eólica.

CCA-31

ESTIMACIÓN DE CAÍDA DE NIEVE ASOCIADA A FRENTES FRÍOS Y TEMPERATURAS MÍNIMAS EXTREMAS EN EL ALTIPLANO MEXICANO

Pineda Martínez Luis Felipe¹, Rodríguez Baudelio², Alean Rocha Carlos M.³, Dzul García Oscar A.², Aguilar Ortega Francisco², Escalona Alcázar Felipe de Jesús² y Bluhm Gutiérrez Jorge²

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

²Universidad Autónoma de Zacatecas

³CONAGUA

lpineda@uaz.edu.mx

La precipitación en forma de nieve es un evento extraordinario que ocurre en regiones de clima semiáridos. Estos eventos de caída de nieve son poco comunes en latitudes medias inferiores al Trópico de Cáncer en América del Norte. En el centro de México se han registrado caída de nieve asociadas a temperaturas mínimas extremas. Estos eventos parecen tener una periodicidad asociada a índices climáticos de gran escala como ENSO y PDO. En este trabajo se presentan algunos resultados de un análisis de eventos de caída de nieve en la región del Altiplano mexicano; que además de estar en el centro del país, ésta región se caracteriza por tener una elevación superior a los 2000 msnm, y de estar localizada entre dos principales formaciones montañosas, la Sierra Madre Occidental (SMOc) y la Sierra Madre Oriental (SMOr). Los eventos han sido clasificados en función de la temperatura mínima y la presencia de agua nieve y nieve. Debido a los pocos registros de nieve en el SMN, se realizó una simulación con el modelo WRF para determinar la lámina de nieve, así como el área de cobertura. Los resultados indican un aumento en años recientes de la frecuencia de nieve en el estado de Zacatecas.

CCA-32

CARACTERIZACIÓN DEL AEROSOL MARINO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN Y SU POTENCIAL INFLUENCIA EN LOS PATRONES DE PRECIPITACIÓN REGIONALES

Córdoba María Fernanda¹, Ladino Moreno Luis Antonio², Andino Manuel³, Juárez Pérez Javier Iván¹, Miranda Javier⁴, Bertram Allan⁵, Rosas Irma⁶, Salinas Eva⁷, Martínez Leticia⁸, Quintana Erika⁹, Maldonado Luis¹, Álvarez Harry², Raga Graciela² y Figueroa Bernardo⁹

¹Posgrado en Ciencias Químicas, Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México

³Universidad Yachay Tech

⁴Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

⁵University of British Columbia

⁶Instituto Politécnico Nacional

⁷Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

⁸Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

⁹Instituto de Ingeniería, Unidad Académica Sisal, Universidad Nacional Autónoma de México
mariafercordoba@hotmail.com

Los INPs (ice nucleating particles) son partículas nucleadoras de hielo, los cuales están presentes en la atmósfera. Estos actúan como catalizadores en la formación de nubes cirrus y de fase mixta. Estas partículas son de gran interés porque influyen en el tiempo de vida de las nubes, la formación de precipitación y en las propiedades radiativas, pudiendo afectar tanto el ciclo del agua como el balance radiativo (Wilson y Ladino, et al. 2015). En el spray de aerosol marino (SSA) se puede encontrar bacterias, virus, lípidos, carbohidratos, los cuales pueden actuar como potenciales INPs, debido a que algunos de ellos pueden facilitar la formación de hielo a temperaturas tan altas como -3°C (Pummer, 2015). El proceso por el cual se transfieren estas partículas hacia la atmósfera se llama rompimiento de burbujas o bubble bursting (Wilson y Ladino, et al. 2015). Se tomaron muestras de aerosol atmosférico en Sisal (Yucatán) en enero del 2017 para entender la importancia del aerosol marino. Estas muestras fueron analizadas por espectrometría de fluorescencia de rayos x logrando identificar la composición química elemental del aerosol en Sisal. Los análisis mostraron que dicho aerosol estaba compuesto principalmente por Cl, Na, S y Ca, con concentraciones promedio de 5.49, 1.82, 1.21 y 0.67 ng/m³, respectivamente, sugiriendo que la fuente de estas partículas de aerosol es el océano. Adicionalmente, de acuerdo a los análisis realizados por la técnica de congelación de gota (DFT) se confirmó la existencia de INPs en el aerosol muestreado. Sin embargo, se observó que a temperaturas altas (cercanas a 0°C) hay una baja concentración de INPs comparada con la encontrada a temperaturas más bajas. Por último, se consiguió capturar partículas de origen biológico tales como vibrio neocaledonicus, pseudomonas strutzeri, y pseudomonas reactants, pertenecientes al filo de las gammaproteobacterias (siendo la primera de origen marino y las dos siguientes de origen terrestre), que posiblemente pueden comportarse como INPs debido a que las proteínas presentes en las paredes celulares de estas bacterias, actúan como sitios activos para la formación de hielo.

CCA-33

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA GLOBAL BAJO DISTINTOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL Y DE CULTIVO

Calderón-Bustamante Oscar¹, Estrada Porrua Francisco¹ y Botzen Wouter²

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Institute for Environmental Studies (IVM), Vrije Universiteit Amsterdam
calderon@atmosfera.unam.mx

La agricultura resulta particularmente vulnerable a los efectos de cambio climático a corto, mediano y largo plazo existiendo algunos cultivos con mayor vulnerabilidad que otros a dichos efectos. Utilizando distintos modelos de circulación, escenarios de emisiones (RCP2.6 y 8.5), modelos de cultivo (que incluyen o no efectos de fertilización por CO₂ y producción de temporal o de riego), trayectorias socioeconómicas compartidas (ssp2) y diferentes horizontes para seis cultivos (arroz, caña de azúcar, maíz, sorgo, soya y trigo) y una resolución espacial de 1/12°, se observan que a pesar de la gran incertidumbre asociada a dichos modelos se observan grandes pérdidas, a nivel global, en la producción y rendimiento de la mayoría de los cultivos seleccionados para finales de siglo, lo que implica grandes pérdidas económicas.

CCA-34

CAMBIOS EN LA CLIMATOLOGÍA DE LOS CALENTAMIENTOS SÚBITOS ESTRATOSFERICOS PRINCIPALES USANDO WACCM CON ALTA RESOLUCIÓN VERTICAL

Chávez Pérez Víctor Manuel, De la Torre Ramos Laura y Añel Cabanels Juan Antonio
Universidad de Vigo, UVIGO
vm.chavez.p@uvigo.es

En este trabajo se analiza el impacto de incrementar la resolución vertical en el Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM) para mejorar la capacidad

de reproducción de calentamientos súbitos estratosféricos (SSWs) en el modelo comparando con trabajos previos, las frecuencia obtenidas son muy cercanas a las obtenidas usando datos de reanálisis, obteniendo mejores resultados para los conjuntos con océano acoplado, el cual reproduce mejor el comportamiento de la temperatura en la capa polar durante los SSWs. Aunque el aumento en la resolución vertical genera una mayor generación de SSWs, no produce resultados significativamente diferentes en comparación con el uso de la resolución normal del modelo. Aunque el modelo reproduce de manera correcta la frecuencia anual de los SSWs con respecto a los reanálisis, al clasificar por tipo de evento en desplazamientos de vórtice (SSW_D) y división de vórtice (SSW_S) se observa que el modelo reproduce muchos menos SSW_D que los reanálisis. Finalmente se observa que al analizar la relación de los eventos SSW_D/SSW_S en el modelo, se obtienen resultados más cercanos a los obtenidos por los reanálisis al trabajar con una configuración del modelo con océano no acoplado que al usar la configuración con océano acoplado.

CCA-35

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PRONÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE CON WRF-CHEM EN EL CENTRO DE MÉXICO

Rodríguez Zas José Alejandro y García Agustín
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera
josealejandro2323@gmail.com

La contaminación atmosférica es uno de los problemas más importantes a los que se enfrentan los países del mundo y un reto priorizado a solucionar por la sociedad actual, en lo cual México no es una excepción. Existen serias afectaciones en la calidad del aire en las principales zonas metropolitanas del país, fundamentalmente en el Centro de México, por lo que la gestión de la calidad del aire ha adquirido mayor relevancia a lo largo de los años. Sin embargo, muchas de las medidas de control y protección para enfrentar escenarios de mala calidad del aire que se aplican hoy, se hacen una vez declarada la contingencia ambiental y sus efectos llegan una vez que la población ya ha sido expuesta a los altos niveles de contaminación, con daños que en ocasiones son irreparables. Debido a esta situación, es necesario contar con una herramienta de pronóstico capaz de predecir posibles afectaciones en la calidad del aire de un determinado lugar para ofrecer información detallada y precisa sobre el estado del aire que se respira a la población y las instituciones correspondientes. Así, se podría conocer de forma anticipada la posibilidad de ocurrencia de eventos críticos de calidad del aire que puedan conllevar a contingencias ambientales y se tomen las medidas preventivas oportunamente. En el presente trabajo se realiza una evaluación de los resultados obtenidos en el pronóstico de calidad del aire con el modelo numérico Weather Research and Forecasting Model with Chemistry (WRF-Chem) en el Centro de México, para un periodo seleccionado del año 2018. Se utilizan los datos del Inventario Nacional de Emisiones (INEM) del 2014 con algunas modificaciones realizadas al mismo, a partir de factores de ajuste obtenidos, teniendo en cuenta la influencia de los diferentes tipos de fuentes de emisiones: puntuales, móviles y de área. Los datos meteorológicos empleados son provenientes del Global Forecast System (GFS). Se evalúa el desempeño del modelo WRF-Chem mediante una comparación entre sus salidas de pronóstico y las observaciones disponibles de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (RAMA), para algunas variables seleccionadas, haciendo uso de diferentes estadísticos como el Índice de Concordancia de Willmott (I) y otras herramientas del Model Evaluation Tools versión 5.1 (METv5.1). Se muestran además, perfiles de contaminantes con el objetivo de describir su comportamiento temporal en el área de estudio y mapas de distribución espacial de los mismos. A partir de los resultados obtenidos se puede decir que el WRF-Chem simula de manera satisfactoria las variables estudiadas, según indican los estadísticos, sobre todo, a partir de las correcciones realizadas al inventario de emisiones empleado, lo cual es un elemento positivo para el pronóstico de la calidad del aire en el Centro de México.

CCA-36

ASIMILACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS PARA LA MODELACIÓN CON WRF-CHEM EN EL CENTRO DE MÉXICO

Martínez Sabari Evelyn Elisa y García Agustín
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera
evelyn.elisa89@gmail.com

Se realiza la asimilación de datos meteorológicos procedentes de observaciones de distintas fuentes para la modelación de contaminantes atmosféricos con el modelo fotoquímico Weather Research and Forecasting Model with Chemistry (WRF-Chem). Se hace uso de las técnicas variacionales 3DVAR y 4DVAR así como de la técnica híbrida 3DVar que combina la técnica 3DVAR con el método ensemble ETKF (Ensemble Transform Kalman Filter) implementadas en su módulo de asimilación Weather Research and Forecasting Data Assimilation (WRFDA). La combinación del tipo de técnica de asimilación con el origen de los datos asimilados conforman los diferentes experimentos numéricos estudiados, para el área del Centro de México durante dos periodos uno con ocurrencia de contingencia ambiental por ozono y otro periodo con condiciones normales de ozono, ambos en el año 2013. Se realiza una evaluación de los resultados de la modelación numérica con y sin

asimilación así como la correspondiente comparación entre los casos propuestos. Se aprecia que independientemente de la técnica empleada y la procedencia de los datos, la asimilación de datos permite obtener una mejor correspondencia entre las salidas del modelo numérico y las observaciones de la RAMA (Red Automática de Monitoreo Atmosférico), principalmente en las variables meteorológicas. Se concluye que a pesar del alto costo computacional asociado a la técnica 4DVAR, su empleo permite obtener resultados superiores a 3DVAR y 3DENVAR. Sin embargo de desear un balance entre el costo computacional y resultados aceptables, la técnica a utilizar sería 3DENVAR. Asimismo, la asimilación de datos prepbufr procedentes del National Centers for Environmental Prediction (NCEP) combinados con los de observaciones de satélite es la opción más idónea en cuanto al origen de los datos asimilados. Los mejores resultados además fueron los correspondientes a comenzar la asimilación de datos a las 12 UTC. No obstante se comprueba, en la mayoría de los experimentos, que la asimilación de datos, sólo de variables meteorológicas, no es suficiente para mejorar los resultados numéricos de las variables químicas.

CCA-37

IMPACTO EN LAS CONDICIONES INICIALES DEL PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL TIEMPO DE LA ASIMILACIÓN DE PERFILES VERTICALES NUCAPS

Arellano-Guerrero Fernando Nicolás¹, Zavala-Hidalgo Jorge¹, Iturvide-Sánchez Flavio² y Díaz-García Ovel¹
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²M. Systems Group, Inc., NOAA/NESDIS/STAR
 fnag@atmosfera.unam.mx

En regiones donde no se cuenta con sistemas de observación terrestre, la percepción remota es de gran ayuda para estimar el estado de la atmósfera, lo cual ayuda a mejorar las condiciones iniciales de los modelos de pronóstico meteorológico. Una de las fuentes de información remota son las sondas: Cross-track Infrared Sounder (CrIS) y Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS), los cuales son dos sistemas de observación montados en el satélite Suomi National Polar Orbiting Partnership (SNPP). En este trabajo se analiza el impacto en la condición inicial del modelo WRF cuando se asimilan los perfiles verticales de temperatura y humedad generados con el algoritmo National Oceanic and Atmospheric Administration-Unique Combined Atmospheric Processing System (NUCAPS) obtenidos del satélite SNPP. Para la asimilación de datos se usa el sistema variacional Gridpoint Statistical Interpolation (GSI) y el sistema de pronóstico numérico meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF), los cuales además de tener la ventaja de tener una mayor cobertura, proporcionan información en la vertical.

CCA-38

ESTUDIO NUMÉRICO DE UN ESCENARIO DE CRECIMIENTO URBANO PARA EL CENTRO DE MÉXICO Y SU IMPACTO EN LA METEOROLOGÍA LOCAL

López Espinoza Erika Danae¹, Miquelajaregui Yosune², Luna Pérez Erika¹, Serrano-Candela Fidel¹, García Rodrigo² y Bojórquez-Tapia Luis²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM
 danae@atmosfera.unam.mx

La rápida expansión de áreas urbanas representa una de las más importantes transformaciones de nuestro planeta. La urbanización no solo tiene implicaciones sociales y políticas sino además ambientales. Es bien sabido que los procesos relacionados con los cambios de cobertura y uso de suelo (LULC, por sus siglas en inglés) modifican las variables climáticas y sus propiedades físicas. Además, los cambios de LULC por urbanización se ven reflejados en incrementos de temperatura, en la intensificación de la isla de calor urbana y en cambios en los patrones de precipitación y viento. En esta investigación el modelo atmosférico WRF y el modelo de cambio de uso de suelo SLEUTH fueron acoplados para simular el impacto ambiental de un escenario de crecimiento urbano proyectado al 2060 para el centro de México. Este estudio involucra un análisis de la temperatura en superficie y la isla de calor urbana considerando como condición de control el año 2013. Finalmente, una comparación entre el año de 2013 y el escenario proyectado al 2060 son comparados.

CCA-39 CARTEL

ESTIMACIÓN DE DATOS FALTANTES DE PRECIPITACIÓN MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO

Gómez Alejandro Ana Victoria y Antonio Pérez Manuel Salud
 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
 ana_victoria150@hotmail.com

En el estado de Tabasco y resto del país el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mantiene registros climáticos. Debido a la instrumentación usada en las estaciones existen datos que no fueron registrados

y al ser las únicas instituciones que proveen dichos datos de acceso libre, para cualquier análisis es necesario completar la información faltante, homogeneizarlo y validarlo por medio de regresión lineal. Dentro del área de estudio se analizaron 5 estaciones meteorológicas distribuidas en la ciudad de Villahermosa debido a que es una de las zonas más pobladas del estado, y al poder estimar los datos mensuales y/o anuales daría paso a realizar diferentes estudios de carácter climático para dicha área. Para determinar la utilidad de la inferencia estadística, se calculó el coeficiente de correlación lineal (r), en todos los casos se obtuvo un alto valor que en promedio fue de 0.86, también se calculó la eficiencia estadística (E), la cual en todos los casos analizados sugiere la viabilidad de la inferencia estadística. Como resultado principal de este análisis se presenta una base de datos de precipitación pluvial completa para el periodo 1950-2010.

CCA-40 CARTEL

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE EN LA ZONA NÚCLEO DE LA CIRCULACIÓN MONZÓNICA: ESTADO DE SONORA, MÉXICO

Alcocer Vázquez Martha Diana¹, Brito Castillo Luis² y Tereshchenko Iryna¹
¹Universidad de Guadalajara
²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
 marthadiana.av@gmail.com

El estudio de las características de los vientos superficiales es complicado debido a la falta de observaciones históricas. Este conocimiento puede ser muy útil en diversos sectores productivos, como generación de energía eólica, la agricultura, la pesquería etc. En este trabajo se utilizan las observaciones de 93 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el estado de Sonora. Los registros son cada 10 minutos en el periodo 2013 - 2017. Se analizaron la dirección y rapidez del viento, y se estimaron los ciclos diurnos históricos promedio por mes por cada estación de los vectores de viento. Para el análisis, se dividió el estado en tres regiones: costa, montaña y extremo noroccidental. Los resultados preliminares muestran que en la zona de costa las componentes del viento (u , v) cambian durante el día y la noche, en correspondencia con las brisas marinas y de tierra. El ciclo diurno de viento muestra que durante invierno el cambio en la dirección de los vientos ocurre de noroeste a suroeste y conforme avanzan los meses la hora del cambio se va adelantando. En verano aumenta la duración entre una brisa y otra. En la zona de montaña, se observa el efecto local de valle-montaña. La hora en que cambia la dirección del viento se adelanta al transcurrir los meses de verano. Para el caso del extremo noroccidental del estado, las observaciones en las 6 estaciones muestran que predomina la componente del viento de noroeste en los meses de invierno, y de la componente sur-sureste en los meses de verano. Este comportamiento es congruente con la circulación del Monzón de Norteamérica. Además se aprecia un ligero cambio en la dirección del viento en los meses de transición, y un desfase en las horas de mayor intensidad del viento de invierno a verano, ya que en invierno las intensidades son menores y duran menos tiempo en el transcurso del día. En verano las intensidades aumentan y su duración es más prolongada. Con este trabajo, se espera tener una descripción muy detallada del comportamiento de los vientos superficiales en todo el estado. Sus aplicaciones pueden ser diversas. Por ejemplo, en la dispersión de contaminantes en el aire y en un mejor entendimiento de los fenómenos atmosféricos que afectan el área de estudio. Podrían mejorarse también los pronósticos a corto, mediano y largo plazos.

CCA-41 CARTEL

EVALUANDO HOMOGENEIDAD Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN SERIES TEMPORALES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

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

Se presenta un estudio comparativo de 50 años de lecturas diarias de los extremos de temperatura (máxima, mínima) y precipitación, registrados en 150 estaciones climáticas instaladas en el estado de Jalisco (SMN, CFE, FFCC y otros), en donde los datos pasan un análisis crítico para comprobar su validez ante valores atípicos (outliers) y lecturas erróneas. Se implementa además un contraste de hipótesis para probar homogeneidad de las series de datos, sus periodicidades ocultas, tendencia y variabilidad climática, bajo distintos estadísticos de prueba y para diferentes índices climáticos. En el caso series no homogéneas, se examinan los contrastes de hipótesis ante diferencias atribuibles a las estaciones y se incorpora la información del índice de ENOS, para comprobar si existe alguna "conexión" del índice con las diferencias observadas en las series. Finalmente, estos resultados son relevantes para disponer de una metodología que permita evaluar nuevas series de datos en contraste con la información histórica en distintos puntos o con estaciones diferentes. Además, permite asegurar que si existe evidencia de tendencia en estas variables climáticas, ésta no se puede atribuir a la inhomogeneidad de las series.

CCA-42 CARTEL

EVENTOS DE CONVECCIÓN PROFUNDA EN LA REGIÓN DEL EJE VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO APLICANDO DATOS SATELITALES

Fayad Cristina¹, Carbajal Pérez José Noel², García Ruiz Selene² y Carbajal-Henken Cintia³¹Universidad de las Américas Puebla, UDLAP²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., IPICYT³Institute for Space Sciences, Freie Universität Berlin
cristina.fayadmz@udlap.mx

La región del Eje Volcánico Trans-mexicano se distingue por una topografía muy compleja que abarca desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. La región está expuesta a la incidencia de frentes fríos provenientes del norte y a intensos flujos de humedad procedentes del Golfo de México y del Océano Pacífico. Como resultado de estas interacciones se producen en esta compleja topografía una gran cantidad de eventos de convección profunda ya sea por fenómenos de convergencia o convección forzada. Las estadísticas sobre tornados ocurridos en México revelan que un alto porcentaje de ellos ocurren en el Eje Volcánico Trans-Mexicano. Esto sugiere investigar los procesos de convección en esta región. Aplicando datos satelitales del sensor MODIS por un periodo de 5 años, se estimaron parámetros como la temperatura en el tope de la nube, contenido de agua (cloud water path), presión en el tope de la nube y altura de la nube. Esta información permitió contabilizar los eventos convectivos profundos en toda la zona de estudio. Adicionalmente, el patrón de distribución de los eventos convectivos profundos fue comparado con la distribución de tornados ocurridos.

CCA-43 CARTEL

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL PARA LA PRECIPITACIÓN EN EL ESTADO DE TABASCO PERIODO 1980-2010

Antonio Pérez Manuel Salud y Angulo Cordova Quintiliano
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
manuelap18@hotmail.com

En este estudio se modela la distribución espacial de la precipitación en el estado de Tabasco haciendo uso del análisis geoestadístico en un SIG para el auxilio de planificación y administración de los recursos hídricos regionales. El objetivo de este estudio fue: (1) usar métodos geoestadísticos para estimar, analizar modelar y caracterizar la variabilidad espacial de la precipitación de 30 años de 1980-2010 usando datos medidos y simulados de precipitación, (2) interpolar mapas de precipitación representando el comportamiento mensual del periodo mencionado. Los datos de precipitación fueron obtenidos de 39 estaciones de la base de datos CLICOM que se encontraron en los 17 municipios del estado de Tabasco. El análisis geoestadístico facilitó la incorporación de la correlación espacial de los datos medidos y simulados (regresión lineal) para interpolar una superficie continua de precipitación. Todos los valores altos se localizaron en la serranía del estado, gradualmente decreciendo hacia el oeste. Para este estudio, la validación cruzada fue usada como una herramienta diagnóstica para evaluar la validez de cada modelo para el mapeo. Toda la estadística de la validación cruzada un error bajo para cada modelo. Valores bajos del error promedio estándar cercanos a la media cuadrática muestran valores similares, indicando que la variabilidad de predicción ha sido evaluada correctamente. En adición, los valores de la media cuadrática estandarizada fueron cercanos a 1, indicando que los errores estándar fueron exactos.

CCA-44 CARTEL

CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO MEXICANO

Antemate Velasco Geimond Jarumi¹, Brito Castillo Luis² y Gutiérrez de Velasco Sanroman Guillermo³¹Universidad de Guadalajara²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
geimond.jav@gmail.com

En este estudio se propone el análisis de las características de la precipitación en la vertiente del Pacífico mexicano, considerando las estaciones climatológicas con la mayor cantidad de observaciones diarias. Se pone especial atención a la posición del eje Neovolcánico Transversal ya que hacia el sur del eje Neovolcánico, en las zonas tropicales, se observa la ocurrencia de la sequía intraestival caracterizada por una distribución bimodal con dos máximos de lluvia, uno en junio y otro en septiembre y reducción temporal de las lluvias en julio y agosto. Hacia el norte del eje se observa el comportamiento de las lluvias de verano en el Noroeste de México caracterizado por un solo máximo de precipitación, en julio-agosto. Entre estos dos comportamientos de lluvia hay una zona de mezcla que coincide con la posición del eje Neovolcánico trasversal. Intentamos investigar si este resultado es una coincidencia.

CCA-45 CARTEL

VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AIRE E ISLA URBANA DE CALOR EN LA CIUDAD DE PUERTO VALLARTA, JAL

Carrillo González Fatima Maciel¹, Velázquez Ruiz Antonio¹, Dibene Arriola Luis Martín², Sánchez Gómez Rubén³ y Morales Hernández Julio César¹¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa²Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas³Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería
fatima.carrillo@academicos.udg.mx

El monitoreo del clima es importante en cualquier región por su relación con diversos temas ecológicos y socioeconómicos, más aún cuando existen considerables cambios de uso de suelo y actividades antrópicas. Identificar su comportamiento y variabilidad acertadamente permite incorporar la información en pronósticos meteorológicos y sus impactos en diversos procesos. Por ello se presenta un análisis de la variabilidad de la temperatura superficial e islas de calor en la ciudad de Puerto Vallarta, durante el periodo de 1926 al 2017. Utilizando datos de tres estaciones climáticas convencionales del Servicio Meteorológico Nacional (1926-2004) y dos estaciones meteorológicas automáticas de la Universidad de Guadalajara (2008-2017). Se realizó estadística descriptiva y la correlación con índices de señales globales de El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación Decadal del Pacífico. El análisis muestra que la temperatura máxima está decreciendo y que la mínima se ha incrementado, disminuyendo así la amplitud térmica anual. El mayor valor de coeficiente de correlación con el evento El Niño – Oscilación del Sur con la anomalía de la temperatura fue 0.69 con una p se las series. Se identificó isla urbana de calor de alrededor de 2°C, a las 9 horas en el temporal seco del 2017. Esta información es de utilidad en los programas de adaptación y mitigación por variabilidad climática de largo y corto plazo.

CCA-46 CARTEL

LOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Peña Aurquia Orlando y Ochoa Moya Carlos Abraham
Centro de Ciencias de la Atmósfera, CCA
orlandopg91@gmail.com

En el noroeste de México así como en el suroeste de Estados Unidos de América (EE.UU) se presenta durante el verano boreal un régimen tipo monzónico en la circulación del viento, este sistema de circulación constituye el Monzón de Norteamérica (NAM, por sus siglas en inglés). La llegada del NAM significa un cambio drástico en el ciclo anual de la precipitación en la región. Existen evidencias que la precipitación del NAM se ha tornado extrema. En la actualidad el estudio de los eventos extremos de precipitación ha cobrado gran interés por las repercusiones que implica tanto en pérdidas humanas como económicas. Específicamente hacia la región que corresponde a México, no se encontraron trabajos encaminados a abordar tales eventos. Por otro lado, se observó en la literatura heterogeneidad en la técnica utilizada para determinar el umbral a partir del cual se considera un evento extremo de precipitación. Esto hace que se dificulte la comparación de los resultados entre diferentes investigaciones que utilizan métodos distintos. Como objetivo del presente trabajo se persigue comparar los resultados del uso de diferentes técnicas así como bases de datos para determinar el umbral. Se utilizaron las bases de datos Livneh y CHIRPS las cuales cuentan con información de precipitación acumulada diaria. Dichas bases de datos ya han sido utilizadas en otras investigaciones. Como resultado fundamental se obtuvo que existen diferencias entre los umbrales calculados, los cuales son directamente dependientes de los datos y la técnica utilizada para el cálculo de dichos umbrales.

CCA-47 CARTEL

ONDAS DE CALOR Y PATRONES DE CIRCULACIÓN ASOCIADOS EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

Rodríguez González Marta Paola¹, Cerezo-Mota Ruth² y Gutiérrez de Velasco Sanroman Guillermo³¹Universidad de Guadalajara²Instituto de Ingeniería, UNAM
marta.paol@gmail.com

Se ha establecido por el IPCC que durante los últimos 50 años la ocurrencia en el planeta de un calentamiento global inequívoco, como parte de un cambio climático, provoca, entre otras modificaciones observadas en el clima, incrementos en los eventos térmicos extremos, como son las ondas de calor. Para México, una de las zonas más vulnerables a éstos efectos es el estado de Yucatán, debido a su clima y ubicación geográfica, siendo afectado por estos eventos sobre todo en la época de secas y repercutiendo de forma grave a la sociedad. La definición de las ondas de calor no es estandarizada, ya que depende de diversas condiciones sinópticas, sin embargo, una caracterización de éstas para Yucatán definió el evento como el registro de la temperatura máxima igual o mayor al percentil 95 decadal durante al menos 4 días consecutivos. En este trabajo, se identifican aquellos patrones de circulación atmosférica precursores de las ondas de calor para el estado de Yucatán

de acuerdo a dicha definición, así como su intensidad, duración y frecuencia, para ello, se usan como herramienta los mapas auto-organizadores de Ritter y Kohonen o SOM (por sus siglas en inglés), así como salidas del modelo regional PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) en el periodo 1979-2008, con el fin de que la influencia de dichos patrones en su formación sirva para predecirlas y un posterior análisis de su tendencia.

CCA-48 CARTEL

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

Pérez Morga Nancy, Canto Hernández Jesús Alberto y Flores Trujillo Juan Gabriel
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
nmp7526@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 y 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-49 CARTEL

ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI) PARA EL ESTUDIO DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN MUNICIPIOS DE YUCATÁN

Aguilar Duarte Yameli Guadalupe¹, Leal Hernández Marisela¹, Moguel Ordoñez Yolanda¹, Bautista Francisco² y Cahuich Castillo Isabel³
¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
²CIGA-UNAM
³Instituto Tecnológico de Conkal
yaguilarduarte@gmail.com

Los eventos extremos del clima ya sean lluvias intensas o sequías prolongadas, inciden sobre los ecosistemas y en general sobre las actividades humanas. El presente trabajo presenta algunos resultados preliminares del índice de precipitación estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés), que es un índice que usa la precipitación como único parámetro para ser calculado pero es efectivo para analizar periodos húmedos como los secos. También es reconocido por su facilidad de uso a diferentes escalas temporales que permite la interpretación de los impactos de la sequía sobre la humedad del suelo y la disponibilidad de agua en los recursos hídricos. El objetivo de este estudio fue calcular el SPI para caracterizar la sequía meteorológica en tres municipios de Yucatán distribuidos en tres zonas diferentes (norte, oriente y sur). Se recopilaron bases de datos históricas de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA, para Mérida (1961-2016), Tizimín (1960-2016) y Tzucacab (1978-2016) y se utilizó el software Clic-MD para el cálculo del SPI que genera gráficas y tablas con los valores y clases del SPI a escalas de 1, 3, 6, 9, 12, 24 y 48. Entre los principales resultados se observa que para las tres estaciones dominan los periodos normales (SPI de -0.99 a 0.99) y en ninguna estación se obtuvieron ciclos extremos (ni extremadamente húmedos, ni extremadamente secos). A escala de tres meses, las tres estaciones presentan un patrón similar, donde se presentan ciclos normales alternándose con ciclos que han llegado a ser moderada a severamente secos y periodos moderadamente húmedos. A escala de 12 meses, se observan diferencias entre las estaciones. En Mérida (norte) se observan periodos marcados en los cuales los eventos de sequía moderada fueron prolongadas, como los ocurridos a fines de los 60 hasta fines de los 70, mediados de los 80, 2010 y más reciente en el 2015. En Tizimín (oriente) también se observaron periodos moderados a severamente secos marcados pero con menor frecuencia. En contraste, se observaron periodos moderadamente húmedos que fueron más frecuentes en especial entre los 80 y 90. A partir del año 2000 y a la fecha, han reducido. En Tzucacab (sur) se observó un patrón diferente, pues

según los datos históricos se presentaron periodos de moderados a severamente secos desde fines de los 70 hasta principios de los 80, seguido de un periodo moderadamente húmedo hasta mediados de los 80, cuando nuevamente ocurre un periodo normal hasta episodios de sequías moderadas a severas que se alargan hasta el 2005, sucedido por periodos de recuperación a moderadamente húmedo hasta nuevamente visualizar las severas sequías de los últimos años (2014-2016). Aunque a escalas cortas las tres estaciones presentaron patrones similares en ciclos húmedos y secos, es en las escalas mayores donde se reflejan las diferencias entre zonas. Se continuará estudiando más estaciones para identificar los patrones regionales y sus implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales.

CCA-50 CARTEL

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM10 Y O3 EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, MÉXICO

Tereshchenko Iryna¹, Fonseca-Hernández Mariam², G. Mayor Yandy², Figueroa-Montaño Arturo² y Monzón César¹
¹Universidad de Guadalajara, CUCEI
²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
itereshc@ucei.udg.mx

Se analizaron las concentraciones de partículas en suspensión con diámetro menor de 10 micras (PM10) y ozono (O3) reportadas por ocho estaciones de monitoreo para diferentes escalas de tiempo en el Área Metropolitana de Guadalajara. Las concentraciones máximas horarias de PM10 (~ 76.7 µg/m³) ocurrieron alrededor de las 8 a.m. hora local, mientras que las de ozono (~ 0.054 ppm) ocurrieron entre las 1-4 p.m. hora local. Se encontró que las concentraciones de O3 experimentan el efecto de "fin de semana", alcanzando su máximo el domingo. Mientras tanto, los niveles mensuales de PM10 fueron más altos entre diciembre y mayo, y las concentraciones mensuales más altas de O3 se produjeron entre abril y junio. Los niveles promedio anuales de PM10 han disminuido en el periodo 1996-2016, mientras que la tendencia anual de las concentraciones medias de O3 parece responder al ciclo solar de 11 años.

CCA-51 CARTEL

INFLUENCIA DEL POLVO MINERAL Y LA QUEMA DE BIOMASA EN LA CALIDAD DEL AIRE DE MÉRIDA, YUCATÁN EN EL AÑO 2017

Ramírez Romero María Carolina¹, Ladino Moreno Luis Antonio², Miranda Javier³, De Raga Graciela Birimelis⁴, Rosas Sánchez Daniel⁵ y Amador Valencia Talib Gibrán⁵
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Instituto de Física, UNAM
⁴Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
⁵Facultad de Química, UADY
carolinaramirezromero@gmail.com

Varios estudios sugieren que la calidad del aire de la ciudad de Mérida puede estar influenciada por el polvo mineral proveniente del desierto del Sahara y por las emisiones de quema de biomasa provenientes de Centro América y el Sur de México. Para comprobar este fenómeno, se realizaron análisis por Fluorescencia de Rayos X a muestras de PM10 y PM2.5 colectadas en la facultad de química de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), ubicada en la ciudad de Mérida. La colección de material particulado se realizó en los periodos donde posiblemente llegan las plumas de quema de biomasa (abril-mayo) y de polvo mineral (julio) en el año 2017. Además de la caracterización química, se analizaron los datos colectados por los analizadores de PM10 y PM2.5 de la estación de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de Mérida, con el fin de determinar algunos picos de interés en los periodos mencionados anteriormente. Luego de identificarlos, se realizaron back trajectories con ayuda del programa HYSPLIT de la NOAA para inferir sus posibles fuentes. Se encontró que del 5 al 7 de abril y del 27 al 29 de mayo las emisiones de quema de biomasa provenientes del Sur de México muy probablemente impactaron la calidad de aire de Mérida generando un aumento de 600% y 200% en las concentraciones de PM10 y PM2.5, respectivamente. También se encontró que del 22 al 24 y del 27 al 28 de julio algunas masas de aire que llegaron a Mérida pudieron transportar polvo mineral proveniente de África. Los niveles de PM10 y PM2.5 aumentaron entre un 200% y 500% con respecto a la línea base. Es posible que además de alterar la calidad del aire en la ciudad de Mérida, estas partículas de aerosol afecten la formación de nubes, y por lo tanto, el ciclo hidrológico de la región.

CCA-52 CARTEL

ESTUDIO TEÓRICO Y NUMÉRICO DE LA ECUACIÓN DE SMOLUCHOWSKI, APLICADO A UN PROBLEMA DE MICROFÍSICA DE NUBES

Álvarez González Rosa Margarita¹ y Guerrero Grajeda José²

¹Universidad Autónoma de la Ciudad de México, UACM.

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
rma Alvarezmx@yahoo.com.mx

En microfísica de nubes, la ecuación de Smoluchowski con dos componentes modela la evolución en el tiempo de la concentración de gotas y la masa de los aerosoles contenidos en las mismas. En este trabajo se presenta un estudio teórico basado en resultados conocidos y otros propios, respecto de esta ecuación para un caso particular de kernel. Además, se desarrolla un método numérico que permite obtener soluciones para el caso de dos componentes a partir de las proyecciones ortogonales. Finalmente, se presentan resultados computacionales.

CCA-53 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LAS HABILIDADES DE LA MICROCAPA SUPERFICIAL DEL OCÉANO PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DE HIELO: GOLFO DE MÉXICO VS. PACÍFICO NORTE

Juárez Pérez Javier Iván¹, Ladino Moreno Luis Antonio¹, Miller Lisa², Herrera-Silveira Jorge A.³, Simpson Kyle², Cruz Giuliana¹, Álvarez Harry¹ y Ramírez Díaz Zyanya¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Institute of Ocean Sciences

³CINVESTAV Unidad Mérida

⁴Facultad de Ciencias

jijp1602@outlook.com

Este estudio nace como una respuesta a la relación que guarda la participación de los océanos en la formación de nubes cirrus y de fase mixta por medio de la formación del aerosol marino producido en la microcapa superficial del océano (SML, por sus siglas en inglés). Recientemente Wilson y Ladino et al. (2015) encontraron que el material allí presente puede catalizar la formación de cristales de hielo dentro de las nubes, dado que pueden actuar como núcleos de glaciación (INPs, por sus siglas en inglés). Debido a la falta de información en la región tropical y subtropical acerca de la actividad de la SML y sus componentes como posibles INPs, el presente trabajo tiene como objetivo poder analizar las diferencias entre muestras de SML colectadas en el Golfo de México y el Pacífico Norte y compararlas con estudios previos como el de Wilson y Ladino et al. (2015) e Irish et al. (2017). Se encontró que las muestras de SML colectadas en el Golfo de México son menos eficientes en catalizar la formación de hielo en comparación con las muestras de SML colectadas en la Isla de Vancouver (i.e., inician la formación de hielo a temperaturas 10°C menores). De igual manera, se observó la existencia de una relación inversa entre la temperatura superficial del océano (SST, siglas en inglés) y las temperaturas de congelación de la SML, donde a mayor SST menor es la capacidad del material activo de la SML para crear cristales de hielo a temperaturas cercanas a 0°C. Por último, se encontró que la capacidad del material activo presente en la SML y las aguas sub-superficiales del océano tienden a mejorar su capacidad de congelación a medida que se alejan de la costa y se ingresa mar adentro.

CCA-54 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REPRODUCCIÓN DE LOS CALENTAMIENTOS SÚBITOS ESTRATOSFÉRICOS PRINCIPALES EN EL CONJUNTO DE DATOS HISTÓRICOS DE CMIP5

Chávez Pérez Víctor Manuel¹, De la Torre Ramos Laura¹,
Añel Cabanelas Juan Antonio¹ y Almaguer Gómez Citlali²

¹Universidad de Vigo, UVIGO

²Universidad de Guadalajara
vm.chavez.p@gmail.com

En este trabajo se analizó la capacidad de reproducción de los calentamientos súbitos estratosféricos principales (SSWs) en 14 modelos del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) que cubren la dinámica estratosférica comparando los resultados con 3 bases de datos de reanálisis. Los resultados nos muestran una buena capacidad en la generación de los SSWs con respecto de los reanálisis. La relación entre los tipos de evento de desplazamiento (SSW_D) y división (SSW_S) de vórtice muestran que no todos los modelos son capaces de reproducir de manera correcta esta relación con respecto de los reanálisis generando por lo general un mayor número de SSW_D. La amplitud de los SSWs en todos los modelos es mejor representada durante los SSW_D en comparación con los reanálisis. Por su parte las anomalías de la temperatura en la capa polar a 10 hPa en los modelos son en su mayoría más significativamente iguales a los reanálisis durante los SSW_S que en los SSW_D, mientras que a 10 hPa ocurre lo contrario. La evaluación muestra que los modelos IPSL-CM5A-MR, MPI-ESM-LR y MPI-ESM-P, son los que presentaron una significancia mayor en comparación con

los reanálisis en todos los análisis de la climatología de los SSWs realizados durante este trabajo.

CCA-55 CARTEL

CALENTAMIENTOS SÚBITOS ESTRATOSFÉRICOS PRINCIPALES BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO CON CMIP5

Chávez Pérez Víctor Manuel¹, Añel Cabanelas Juan Antonio¹,
De la Torre Ramos Laura¹ y Almaguer Gómez Citlali²

¹Universidad de Vigo, UVIGO

²Universidad de Guadalajara
vm.chavez.p@uvigo.es

En este trabajo se analizan los cambios en las características básicas de los calentamientos súbitos estratosféricos principales (SSWs) bajo distintos escenarios de cambio climático usando las salidas de modelos que reproducen la dinámica estratosférica del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Los modelos del CMIP5 seleccionados para este estudio fueron evaluados en trabajos anteriores, demostrando ser los que mejor reproducen los SSWs al compararse con datos de reanálisis. Las características analizadas son la frecuencia de ocurrencia anual, duración por evento, desaceleración del vórtice durante los SSWs, la relación entre los tipos de SSWs y la temperatura en la capa polar durante los SSWs. Los resultados nos muestran, si existen o no, cambios significativamente diferentes en la frecuencia de ocurrencia de los SSWs en cada uno de los escenarios analizados con respecto del periodo histórico.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores:
Mario González
Iza Canales

EG-1

INTERPRETACIÓN DE UNA SECCIÓN GEOFÍSICA (MT Y GRAVIMETRÍA) EN LA CUENCA DE CHICONTEPEC

Franco Pedro¹, Corbo Fernando² y Molina-Garza Roberto Stanley³

¹Posgrado, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

²CONACYT, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

³Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM
pedrovitort@gmail.com

Ubicada en la provincia petrolera Tampico-Misantla, la Cuenca Chicontepec posee grandes volúmenes de sedimentos arcillo-arenosos productos de múltiples flujos turbidíticos de abanicos submarinos en ambiente de agua 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 han empleado métodos no convencionales, i.e. fracking, sin tener en consideración los problemas socioambientales 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 magnetotéluricos y el procesamiento de la información gravimétrica satelital brindada por Sandwell et. al (2009, 2013, 2014). Para este trabajo se obtuvieron 20 sondeos magnetotéluricos 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 su porción interior para mejor resolución. La generación del modelo bidimensional del perfil incluye el análisis del parámetro de regularización (#), del strike eléctrico y de la magnitud y distribución de los parámetros de distorsión del tensor de impedancia. Asimismo, por la complejidad geológica de la zona y la dificultad de encontrar un strike eléctrico característico para realizar la inversión, se generó un segundo modelo bidimensional a partir del determinante del tensor de impedancia para discusión y comparación de las firmas entre dichos modelos. Adicionalmente, sobre el perfil magnetotélurico se generó un perfil gravimétrico, con el fin de comparar los resultados entre ambas respuestas geofísicas. 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 algunos contactos entre las secuencias sedimentarias y el borde de la cuenca con respeto al basamento.

EG-2

EVALUACIÓN Y CALIBRACIÓN PETROFÍSICA DE UN CAMPO WILDCAT DEL NORTE DE ALASKA

De la Rosa Arévalo César Gustavo¹ y Osorio Santiago Erick²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²PEMEX

ceesar.delarosa@gmail.com

En la industria petrolera, los registros geofísicos de pozos son de vital importancia para la exploración de hidrocarburos y para la caracterización de yacimientos, los registros de pozo ayudan a identificar las rocas que pueden ser los mejores yacimientos y proporcionan las medidas de las propiedades de una roca, para definir espesores netos y secuencias estratigráficas que no se pueden observar en la información sísmica (debido a su resolución vertical). En el presente trabajo se expone una evaluación petrofísica cualitativa y cuantitativa de cinco pozos y calibrándolos con estudios de petrofísica básica de núcleos pertenecientes a un campo Wildcat localizados en Alaska, con el objetivo de obtener las propiedades petrofísicas de volumen de arcilla, porosidad, saturación de agua y permeabilidad, se determinaron Cutoffs para calcular el NTG y obtener un Volumen de hidrocarburos. Los registros de pozos que se utilizaron cuentan con las curvas de Rayos Gamma, Resistivos, Densidad, Neutrón y Sónico y se procesaron mediante el software Techlog, propiedad de la compañía Schlumberger. La geología de la zona está caracterizada por la presencia de secuencias de arcillas y arenas, lo que provoca que la formación de interés tenga una composición areno arcillosa, por lo cual se tuvo que realizar secciones de pozos para correlacionar las formaciones, en este caso la interpretación de los registros permite inferir la forma de depósito de los sedimentos, orientación y alcance del canal, la litología y mineralogía de las formaciones y la presencia de trampas estructurales y estratigráficas.

EG-3

ANÁLISIS DE VELOCIDADES SÍSMICAS PARA LA PREDICCIÓN DE PRESIÓN DE PORO

Franco Cruz Patsy¹ y Negrete Cadena Rocío²

¹Pemex

²PEMEX

moeniapatsy@hotmail.com

En la actualidad los pozos a perforar se encuentran en zonas de gran complejidad estructural, aunado a los precios del petróleo, es necesario perforar de manera

eficiente y económica, por ello la predicción de la presión de poro se vuelve clave para establecer un programa de pesos de lodo a lo largo de la trayectoria del pozo, así como también permite la optimización del diseño del pozo. La presión de poro se formará en una formación saturada mientras los sedimentos se vayan depositando encima, si el fluido del poro es expulsado al mismo tiempo que la compactación entonces se tiene un gradiente normal, por el contrario zonas con una presión de poro mayor a la de gradiente normal son sobrepresionadas, las presiones anormales son un posible riesgo durante la perforación ya que pueden ocasionar un influxo. La presión de poro se puede estimar a partir tanto de las velocidades sísmicas resultantes del procesamiento de la sísmica de reflexión en caso de pozos exploratorios, como de registros geofísicos de los pozos de correlación. Ya sea con una velocidad sísmica de buena resolución o con los registros geofísicos, se aplica una transformación velocidad- presión de poro para predecirla por medio de métodos empíricos como Eaton (1975) y Bowers (1995) que son los más utilizados en la industria de la exploración petrolera. El procedimiento para el cálculo de la presión de poro pre-perforación comienza con un control de calidad de la velocidad de intervalo, las velocidades deben reflejar la probable columna litológica a perforar además que debe seguir la tendencia en velocidad de los pozos de correlación. Una vez validado el insumo se analiza el comportamiento de la velocidad o de los registros geofísicos (DTCO, RG y RT) para identificar zonas de presiones normales y anormales asociadas a disminución en la velocidad, se traza un trend compactación normal y los datos que salgan de este trend corresponden con zonas de sobrepresión. El cálculo numérico del gradiente de presión de poro se obtiene a partir de los métodos empíricos mencionado anteriormente. La calibración de esta curva se realiza con datos de presiones tomadas en los pozos de correlación. Durante la perforación en pozos exploratorios se utilizan registros básicos en tiempo real (LWD) en las etapas superficiales y registros especiales en las zonas objetivo, de esta manera es como se calcula la presión de poro en tiempo real.

EG-4

RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO DE CINCO POZOS PROFUNDOS EN LA CUENCA DE MÉXICO

Lezama Campos José Luis¹, Morales Casique Eric¹, Arce Saldaña

José Luis¹, Cruz González Daniel² y Escolero Fuentes Oscar²

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México
lezamajl@gmail.com

En este trabajo se presentan los resultados de interpretar y correlacionar los cinco pozos profundos perforados en la Cuenca de México perforados durante los años 2014 – 2018 con el propósito de caracterizar un posible acuífero profundo que podría ser una fuente adicional de agua para la Ciudad de México. Los pozos se localizan en la zona oriente la ciudad, entre los límites de las alcaldías de Iztapalapa, Iztacalco y Xochimilco. Los cinco pozos tienen una profundidad aproximada de 2 000 m y atravesaron diferentes formaciones volcánicas que rellenan la cuenca hasta su basamento calcáreo. En cada uno de los pozos se realizó un análisis de grupos para conjuntar formaciones con las mismas características petrofísicas y poder definir unidades volcánicas. Para la correlación de los pozos se utilizan principalmente los registros eléctricos y de rayos gamma que son comunes en todos los pozos, y se utilizan los resultados del análisis de muestras de canal, núcleos y fechamientos disponibles. Al final se presentan un conjunto de propiedades petrofísicas que caracterizan cada unidad volcánica y conclusiones sobre la aplicación de los registros en formaciones volcánicas.

EG-5

ESTIMACIÓN DE HIDRATO DE GAS EN EL TRIPLE PUNTO DE CHILE

Villar-Muñoz Lucía¹, Vargas-Cordero Iván², P. Bento Joaquim³, Tinivella Umberta⁴, Fernandoy Francisco², Giustiniani Michela¹, Behrmann Jan¹ y Calderón Sergio²

¹GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research

²UNAB, Universidad Andrés Bello

³PUCV, Escuela de Ciencias del Mar

⁴Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS)
lucia.villar@gmail.com

Una gran cantidad de hidrato de metano está presente debajo del margen continental activo Chileno, offshore Península de Taitao (a la altura de la Laguna San Rafael), en donde las placas de Nazca, Sudamérica y Antártica convergen en un triple punto. En esta inusual zona, el sedimento marino contiene cantidades de carbono orgánico, las cuales se convierten en metano principalmente por procesos termogénicos. En esta área susceptible a cambios en el gradiente geotérmico, se encuentran mediciones de flujo de calor (directas e indirectas) extremadamente anómalas, esto debido a que se localiza precisamente en donde la dorsal de Chile está siendo subducida. Si se produjera una liberación de este metano atrapado en el sedimento, hacia el océano y/o la atmósfera, el riesgo geológico asociado es aún impredecible. Por lo tanto es importante estimar las concentraciones de metano en esta zona. Aquí se presenta la distribución espacial, concentración y estimación de los hidratos de gas en el talud continental frente a la Península de Taitao (45° - 47°S). La geodinámica de esta parte de la frontera entre las tres placas es compleja, y solo podemos realizar una estimación con una cantidad de perfiles sísmicos restringida, en donde

la metodología incluye: a) identificación del BSR; b) modelamiento de la velocidad sísmica; c) análisis de las anomalías de velocidad; d) estimación de la concentración de la fase hidratado y gas libre; y f) estimación del gradiente geotérmico. El análisis sísmico de la línea RC2901-751 muestra valores de concentración de hidrato <10% del volumen total del roca, y un elevado gradiente geotérmico, alcanzando un máximo de 190°C/km. Especialmente los hidratos se localizan a escasa profundidad bajo el suelo marino (entre 90 y 280 mbsf), y la cantidad estimada, para la fase hidratado y gas libre, es de 7.21x10¹¹ m³ and 4.08x10¹⁰ m³, respectivamente. Debido a las menores concentraciones del gas libre y ya que el piso marino presenta un flujo de calor anómalo y variante, lo que podría desestabilizar las condiciones propicias para la formación y conservación del hidrato, probablemente se producirá la liberación masiva de metano hacia el océano-atmósfera. Se concluye que el área del triple punto es un importante área de escape de fluidos (seep) cuyo origen proviene de la disociación de hidratos y que nuevos programas de estudios y bases de datos deben ser obtenidas en esta región para una mayor comprensión de la tectónica regional.

EG-6

VARIABLES CRÍTICAS DE RIESGO A CONSIDERAR EN LAS REPARACIONES MAYORES EN POZOS MARINOS DE DOBLE OBJETIVO Y SU IMPACTO EN LOS RESULTADOS

Osorio Santiago Erick y Flores Brito Osiel
PEMEX
eosorios01@pemex.com

Dentro de la documentación de los planes de extracción de los campos con doble objetivo y reservas certificadas, los Activos de Producción plantean una estrategia de desarrollo para drenar y explotar los intervalos Jurásico y Cretácicos en los yacimientos hasta recuperar la reserva asociada a cada pozo. Ante esta situación los especialistas del Activo dirigen sus esfuerzos para llevar a cabo las Reparaciones Mayores en el yacimiento Cretácico una vez agotado el objetivo principal, tomando como premisa principal el aprovechamiento de la infraestructura del pozo ya perforado. Es de gran relevancia asegurar el éxito técnico y económico que nos permitan maximizar la rentabilidad de las intervenciones y la máxima recuperación y así cumplir con los compromisos de producción. Como toda actividad operativa en pozos, es muy importante tomar en cuenta las variables críticas del riesgo del subsuelo que pueden impactar en el éxito o fracaso de una intervención. La falta de información y análisis a detalle de las diferentes especialidades involucradas puede impactar en el fracaso de la intervención o acortando la vida productiva de un yacimiento. El objetivo de este trabajo es mostrar un análisis cualitativo – cuantitativo, oportuno y practico que permitan identificar tempranamente las variables críticas de riesgos potenciales del subsuelo, que impacten en los resultados técnico-económicos, esto permitirá: -Identificar el riesgo del subsuelo asociado. -Reducción en tiempo de intervención.. -Factibilidad técnica-económica de continuar o cancelar una intervención. -Maximizar la rentabilidad de las intervenciones y máxima recuperación. -Jerarquización de intervenciones -Mantenimiento de la Producción Base de la Asignación. -Reclasificación de reservas .

EG-7

SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA Y RADIATIVIDAD GAMMA NATURAL DE LA SECUENCIA QUE INCLUYE MANTOS DE CARBÓN EN LA CUENCA DE SABINAS: IMPLICACIONES EN SU CARACTERIZACIÓN

Batista Rodríguez José Alberto, Zamora Medellín Itzayana Yoloxochitl, Rodríguez Vega Antonio, López Saucedo Felipe de Jesús, Díaz Martínez Roberto y Almaguer Carmenates Yuri
Universidad Autónoma de Coahuila, UADEC
josebatista@uadec.edu.mx

Se presenta el análisis de mediciones de susceptibilidad magnética y radiactividad gamma natural realizadas en varios afloramientos de la secuencia estratigráfica que incluye mantos de carbón en la Cuenca de sabinas, específicamente en las subcuencas Sabinas y San Patricio. Las mediciones se llevaron a cabo en perfiles transversales a la estratificación de la secuencia, considerando la ubicación y características de los mantos de carbón. Las variaciones de ambas propiedades físicas diferencian las litologías, particularmente los mantos de carbón, que muestran los valores más bajos de dichas propiedades. De igual manera, dentro de los mantos de carbón se observan variaciones, cuyos máximos valores se asocian con su fracción inorgánica, principalmente con sulfuros de Fe, arcillas y silicatos. De esta manera, con estas mediciones, en condiciones de campo, se valora de forma cualitativa la calidad del carbón estudiado, relacionada principalmente con su contenido de ceniza, azufre y poder calorífico. También, a partir del análisis realizado es posible identificar patrones que posteriormente pueden utilizarse en la interpretación de registros geofísicos de pozos, particularmente rayos gamma y susceptibilidad magnética.

EG-8

METODOLOGÍA PARA OBTENER LA CLASIFICACIÓN DE MINERALES DE ALTERACIÓN A PARTIR DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES EMPLEANDO EL ALGORITMO K-MEDIAS

Cabrera Navarrete Emmanuel Angel
Servicio Geológico Mexicano, SGM
emmanuelcabrera@sgm.gob.mx

Se desarrolló una metodología para la clasificación normalizada de minerales a partir de imágenes hiperespectrales utilizando el algoritmo de K-medias (por su definición en inglés K-means), que es un método de agrupamiento no supervisado, cuyos grupos se asignan en función de la distancia euclidiana media entre firmas espectrales, permitiendo en cierto grado, a partir de los centroides, calcular automáticamente las firmas espectrales de minerales puros ("endmembers") y agilizar la elaboración del mapa de minerales. En una primera aproximación se utilizó el espectro completo de la imagen hiperespectral en el algoritmo K-means, siendo poco eficiente y obteniendo resultados poco congruentes, por lo que, con la finalidad de reducir los datos y extraer información relevante, en la metodología empleada se consideró la normalización de los espectros y la extracción de las características espectrales (zonas de absorción, anchura a media altura e inflexiones) de cada pixel, para establecer una norma de clasificación y con los cuales posteriormente se pueden definir rasgos físico-químicos de los minerales. Una vez agrupadas las firmas espectrales y calculados los centroides, se procedió a organizar los resultados que están en función de las propiedades estadísticas de los endmembers, con lo cual se acotó la distribución de la clasificación de las firmas con mayor correlación con su centroide más cercano, discriminando aquellas con mayor discrepancia. Para evaluar la calidad de la clasificación con la metodología de K-means, se tomó como referencia la clasificación efectuada con el algoritmo de mapeo de ángulo espectral (por sus siglas en inglés SAM), con el cual actualmente el Servicio Geológico Mexicano (SGM) elabora mapas de minerales utilizando una metodología propia. A partir de tres zonas clasificadas, se estimaron las matrices de confusión y con base en sus resultados se establece que la precisión de la clasificación con K-means tiene de un 60 % a 70 % de fiabilidad, dependiendo de la complejidad de la zona (la cantidad de endmembers, condiciones atmosféricas al momento de la adquisición de los espectros, etc). Concluyendo finalmente que la clasificación con K-means no presenta una aproximación al 100% con la clasificación SAM, estableciendo, que puede emplearse como una herramienta complementaria para obtener un mapa de minerales de mayor detalle en función de las características espectrales que están relacionadas con las propiedades físico químicas de los minerales. Además de tener una estimación automatizada de las firmas promedio en la imagen que en teoría pueden utilizarse en una clasificación basada en SAM.

EG-9

LOCALIZACIÓN DE ZONAS CON MAYOR POTENCIAL GEOTÉRMICO Y MINERO EN ACOCULCO, PUEBLA

Granados Pastrana José Eduardo¹ y Prol Ledesma Rosa María²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica
granadospastrana@gmail.com

El complejo volcánico Acoculco está ubicada en la parte oriental del Eje Volcánico Trans Mexicano. El complejo se considera como un sistema hidrotermal debido a los manantiales burbujeantes que emanan CO₂, así como diversas zonas de alteración argílica avanzada generadas por la interacción fluido-roca. Estas manifestaciones termales han motivado a CFE a realizar diversos estudios geológicos y perforación de pozos exploratorios, trabajos que han demostrado el gran potencial geotérmico de Acoculco debido a las altas temperaturas registradas en los pozos de exploración. La presente investigación utiliza tres métodos de exploración regional, para la delimitación de las zonas con mayor potencial geotérmico y/o minero en la caldera de Acoculco. El primer método realiza el procesamiento de datos aeromagnéticos para la estimación de gradientes geotérmicos mediante la la profundidad de la isoterma de Curie (método de Okubo y Tanaka, 1985) implementando una nueva metodología, la cual efficientiza el tiempo de procesamiento, con dos programas realizados en Fortran y un script en Geosoft. Se obtuvo resultados concordantes con un par de gradientes geotérmicos registrados en pozos exploratorios realizados por CFE y con las manifestaciones hidrotermales observadas dentro de la caldera, así como una relación directa en el cambio de los gradientes geotérmicos y la presencia de fallas (propuestas por García-Palomo, 2017), ya que éstas delimitan los gradientes más altos encontrados en la zona norte, de la zona sur con gradientes geotérmicos más bajos, concluyendo que dichas fallas en dirección NW y EW fungen como barreras, las cuales impiden el paso de los fluidos a la zona sur de la caldera, lo que explicaría la ausencia de manifestaciones geotérmicas en dicha zona. El segundo método es la percepción remota, para identificar zonas de alteración mineral con base en el contenido de minerales del grupo hidroxilos como alunita, caolinita e illita los cuales se relacionan con las zonas de alteración reportadas por Canet y colaboradores (2010). Además, las imágenes satelitales se realizaron espacialmente para lograr la identificación de lineamientos que concordaron con fallas o contactos geológicos reportados por Sosa Ceballos, García Palomo et. al., (2017). Dentro de la caldera se resalta el interés geotérmico de la zona norte, principalmente los contactos geológicos de rocas con las unidades de basaltos El Águila y Huistongo,

reportados por Sosa Ceballos et. al., (2017), ya que estos podrían servir como canales para la circulación del fluido geotérmico. El tercer método también utiliza los datos aeromagnéticos para identificar posibles cuerpos intrusivos de interés minero, realizando la reducción al polo para identificar las anomalías magnéticas más importantes, las cuales concordaron con múltiples minas reportada por Geoinfomex (2018). Las anomalías magnéticas se integraron con un mapa de anomalía de Bouguer, realizado por CIGSA (proyecto Acoculco, 2008) y con zonas de alteración mineral (hidroxilos y óxidos), proponiendo una serie prospectos mineros dentro y fuera de la caldera de Acoculco.

EG-10

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE CORRECCIÓN PARA EL PROCESADO DE LA ESPECTROMETRÍA AÉREA DE RAYOS GAMMA

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

En el Servicio Geológico Mexicano (SGM) se emplea la espectrometría aérea de rayos gamma para la teledetección de posibles yacimientos de uranio, torio y tierras raras; método que está basado en las recomendaciones de la Agencia Internacional de Energía Atómica (por sus siglas en inglés IAEA) la cual estipula tomar en consideración factores como la radiación cósmica, la aeronave, efectos del radón presente en la atmósfera y la atenuación de la radiación gamma que se ve afectada por el incremento de la distancia fuente-detector. Es por ello, que se deben calcular coeficientes de corrección aplicados directamente a la información original, para sustraer la parte correspondiente a cada factor antes mencionado y adicionar la atenuación que pudiera tener la radiación derivado de la altura. Para obtener los coeficientes de corrección correspondientes a la radiación cósmica y al efecto del aeronave, es necesario realizar un vuelo con el detector a una altura de 1800 hasta 3300 metros sobre el nivel del mar (msnm), en un intervalo de 300 metros y una duración de 8 min por cada segmento, este vuelo se realiza sobre mar debido a que el espejo de agua sirve como un atenuante natural de la radiación y solo se registrará la respuesta proveniente de la radiación cósmica, la cual aumenta con la altura. Para los coeficientes de corrección del radón atmosférico y de atenuación se realiza otra serie de líneas a menor altura, a un intervalo de cada 30 metros partiendo de los 60 hasta los 300 msnm, los cuales deben realizarse haciendo uso del espejo de agua y otra secuencia de líneas sobre tierra, esto debido a que debe obtenerse la relación de aumento de la respuesta entre fuente-detector con respecto a la altura (para en caso de tierra) y obtenerse solo la respuesta obtenida por la presencia del radón atmosférico (vuelo en mar). La precisión del vuelo es de vital importancia ya que la dispersión obtenida en los diferentes rangos de alturas, se verá afectada directamente por las pequeñas variaciones que pueda tener la aeronave que sirve de plataforma para el sensor. Con esta información y tomando como base las fórmulas que parten del análisis estadístico de la IAEA se obtienen los coeficientes de corrección para cada factor que afecta la respuesta del sensor, aplicados directamente sobre la respuesta original, y con ello obtener mapas radiométricos que solo representen la radiación gamma proveniente de la fuente, ya que la diferencia de la respuesta entre la información original y procesada presenta una variación aproximada que va desde un 30% a un 50%, (variación dada por las características topográficas, meteorológicas y geológicas de cada zona) y con ello obtener información de calidad con la precisión requerida para aplicarse a la exploración geológico minera.

EG-11

ANÁLISIS AEROMAGNÉTICO DE LAS PRINCIPALES INTRUSIONES EN LA CARTA EL BATAMOTE, SONORA CENTRAL, MÉXICO: IMPLICACIONES EN LA EXPLORACIÓN MINERA

Silva Peña Nadia Elvira¹, Martínez Retama Silvia¹, Pérez Segura Efrén¹, Vega Granillo Ricardo¹, Alva Valdivia Luis Manuel² y Espinosa Cardeña Juan Manuel³

¹Universidad de Sonora, UNISON

²UNAM

³CICESE

aidan_arlive_@hotmail.com

La carta El Batamote se ubica en la parte central del estado de Sonora, aproximadamente a 25 km al norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, cubriendo un área de 899 km². En el área de estudio se tiene aflorando gran parte de la secuencia paleozoica, la cual se encuentra descansando sobre sedimentos precámbricos formados por rocas sedimentarias. En varias porciones de la región El Batamote afloran rocas volcánicas, consistentes en derrames, tobas y aglomerados de composición dacítica-andesítica, que se caracterizan por presentar un grado variable de alteración hidrotermal, debido a la circulación y efecto de fluidos asociados con el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composición granítica-granodiorítica a fines del Cretácico Superior. En la región El Batamote existe una base cartográfica realizada por el Servicio Geológico Mexicano. En la misma existe un panorama geológico con una variedad interesante de yacimientos minerales que aportan interés geológico minero a la zona. Un aspecto importante es que casi la mitad de la carta está cubierta por sedimentos terciarios

y cuaternarios, por lo que no se conoce bien la configuración del basamento geológico del área. Por lo tanto, a partir de la adquisición de datos geofísicos, su procesamiento e interpretación, es posible correlacionar la geología superficial con la información geofísica, con el objetivo de identificar tanto estructuras, como posibles intrusiones no aflorantes que puedan estar relacionadas con fuentes de mineralización hidrotermal no conocidas en el área. En este estudio se trabajó con datos aeromagnéticos de campo total del Servicio Geológico Mexicano, los cuales fueron procesados e interpretados. Con la finalidad de enfatizar rasgos geológicos contenidos en el mapa de campo total, se aplicaron diferentes procesos. La separación regional-residual de los datos aeromagnéticos se llevó a cabo a partir de un análisis espectral. La identificación de lineamientos aeromagnéticos y la delimitación de unidades litomagnéticas se realizó a partir de la extracción de máximos de la señal analítica y derivada de Tilt de mapas magnéticos regionales, residuales y pseudogravimétricos. Además se analizó su relación con las zonas mineralizadas existentes y la identificación de nuevas áreas de interés geológico-minero. Finalmente se aplicó el método de Deconvolución de Euler para la obtención de las profundidades de las fuentes magnéticas de los datos aeromagnéticos residuales y regionales y se modelaron las anomalías residuales, asociadas a zonas mineralizadas, a partir de la técnica de inversión 3D.+

EG-12

PANORAMA DE LOS LEVANTAMIENTOS RADIOMÉTRICOS AÉREOS DE RAYOS GAMMA EN EL ESTADO DE SONORA, MÉXICO

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

Décadas de desarrollo y espectrómetros modernos debidamente calibrados que registran espectros de rayos gamma en un rango de energía que va de 0 a 3 MeV, han llevado a la madurez a la espectrometría aérea de rayos gamma, por lo que, hoy en día se cuenta con una calidad de datos renovada que ofrece la posibilidad de obtener mejores resultados, ya sea directamente, como la exploración por uranio o la caracterización de cuerpos magmáticos por su contenido de torio, así también, mapas radiolitológicos, mapeo de estructuras, tipos de alteraciones, caracterización geoquímica de rocas que mediante variaciones geoquímicas superficiales permiten diferenciar eventos de interés específico. Sonora tradicionalmente ha sido considerado como un estado minero de gran importancia, con una amplia gama de recursos en éste renglón, por lo que existe un interés particular aplicado a la exploración por parte del Servicio Geológico Mexicano. A principios de la década de los noventa, se dio un auge en la exploración de yacimientos minerales, por lo que se realizaron vuelos radiométricos de rayos gamma. A partir del año 2001 el SGM realizó su primer levantamiento radiométrico aéreo en el estado de Sonora, actualmente se tiene una cobertura del 27 % del estado, apoyado con una aeronave de ala rotativa y un espectrómetro de radiación gamma, con un volumen de 16.8 lts de Yoduro de sodio tratado con TI. El cubrimiento aéreo programa líneas separadas cada 250 m, a una altura de 120m snmt. El espectrómetro utilizado registra 256 canales de datos en el rango de energía de 0 a 3 MeV, de este rango de energía medido, obtenemos ventanas de energía que para el potasio corresponde (1.370 # 1.570 MeV), para el uranio va de (1.660 # 1.860 MeV) y para el torio es de (2.410 # 2.810 MeV). Dadas las características propias de la radiación gamma, los datos son afectados por naturaleza por una serie de factores, por ejemplo, existe una contribución de radiación que proviene de fuentes del espacio exterior, otra afectación es una aportación de radiación envolvente que se genera alrededor de la aeronave, puede estar presente también el radioisótopo 222Rn generado en la serie de desintegración del 238U y que afecta la intensidad de los datos, así también, existe un traslape de energía específica que afecta las ventanas seleccionadas, finalmente otra afectación que sufren los datos es debida a las diferencias de altura propias del vuelo, por lo que es necesario atenuar los datos a una altura nominal, estas afectaciones se corrigen como lo dicta la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Con las mejoras en la calidad de los datos de la radiometría aérea de rayos gamma, el SGM cuenta con información confiable y disponible, con lo que consideramos que muchos de los interesados en los yacimientos minerales les pudiera ser de gran utilidad para seguir explorando el potencial geológico-económico que guarda el estado de Sonora.

EG-13

INTERPRETACIÓN SÍSMICA SEMIAUTOMÁTICA: ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES VS ANÁLISIS DEL DISCRIMINANTE DE FISHER

Canul-Dzul Wilberth¹, Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel¹, Hernández-Gómez Jorge Javier², Ortega-Olmos Jessica², Couder-Castañeda Carlos³ y Ortiz Alemán José Carlos³

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Mérida

²Centro de Desarrollo Aeroespacial, Instituto Politécnico Nacional

³Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
wilberthcanuldzul1@gmail.com

La interpretación sísmica es considerada como un proceso altamente subjetivo, que involucra a un intérprete humano extrayendo información al inspeccionar visualmente patrones de reflexión en secciones sísmicas. Este enfoque no es sólo altamente exigente en cuanto al tiempo que consume, sino que también

brinda resultados distintos para distintos intérpretes. Con la intención de disminuir estos inconvenientes, se han llevado a cabo distintos intentos por automatizar tareas en el proceso de interpretación. Estos inconvenientes se vuelven críticos cuando los datos sísmicos provienen de zonas con tectónica salina. En un intento por proveer herramientas semiautomatizadas que permitan disminuir la carga de los intérpretes, últimamente se han aplicado técnicas de procesamiento digital de imágenes, con la intención de detectar y delinear cuerpos salinos complejos en perfiles sísmicos. En este trabajo se implementan dos técnicas populares de procesamiento digital de imágenes: Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis del Discriminante de Fisher (ADF). Éste último es una versión generalizada del Análisis del Discriminante Lineal, y ha sido aplicado exitosamente en diversas aplicaciones donde anteriormente se utilizaba el ACP. De esta forma, se presenta un estudio de desempeño entre la implementación de ACP y de ADF. Los resultados aquí presentados muestran mejoras sensibles en cuanto a la enfatización de rasgos principales que permiten identificar con mayor certeza patrones geológicos relacionados con estructuras salinas.

EG-14

REFLEXIÓN SÍSMICA PASIVA DE MICROTREMORES EN LA EXPLORACIÓN DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Solano Bahena René¹, Aguirre González Jorge² y Ávila Carrera Rafael³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Instituto Mexicano del Petróleo
resolanoba@gmail.com

En la sismología de exploración tenemos un gran desafío cuando utilizamos ruido sísmico, debido a que la información que se obtiene de las reflexiones de ondas de cuerpo es mayor a 1 Hz y la mayor parte del ruido esta compuesta por ondas superficiales a frecuencias inferiores a 6 Hz. El objetivo de este trabajo es reproducir trazas de tiros virtuales a través de ruido sísmico y el método de Interferometría Sísmica (IS), para posteriormente aplicar la secuencia de procesamiento que usualmente se realiza en la sísmica de reflexión (Yilmaz, 1987). La finalidad es obtener imágenes del subsuelo que están relacionadas con las capas geológicas (secciones sísmicas) e información de las propiedades elásticas y morfológicas del medio de propagación. Utilizamos datos de sísmica pasiva adquiridos dentro de un arreglo que consta de 4293 geófonos ordenados en 27 líneas de 159, con 784 ventanas de 30 [s], (6.5 h de grabación). Realizamos un procesamiento previo a las trazas de ruido (blanqueamiento espectral, filtrado y una normalización temporal (1-bit)), con algunas variantes a lo que propone Bensen et al. (2007). Aplicando el método de IS, obtuvimos las correlaciones cruzadas entre pares de geófonos, las cuales se apilaron para recuperar la función de Green. Para obtener información de reflexión del subsuelo, las trazas obtenidas de las correlaciones cruzadas fueron reordenadas en conjuntos de un punto reflector común (CMP), en esta etapa del trabajo se aplicaron distintos filtrados, con la finalidad de realzar las trazas de ruido (filtrado a distintas bandas de frecuencia, filtrado f-k). Se obtuvo un modelo de velocidades, se aplicó la corrección NMO y posteriormente se hizo el apilamiento de las trazas virtuales, con lo cual se obtiene la sección sísmica. En la etapa que sigue (post-apilamiento), se pretende aplicar un proceso para corregir las difracciones que se producen en la sección, lo que se conoce como migración sísmica.

EG-15

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS UTILIZANDO INTERPRETACIÓN SÍSMICA 3D AL SURESTE DE MÉXICO

Osorio Santiago Erick¹ y Rocha Carrillo José Alberto²

¹PEMEX

²ESIA-Ticomán IPN
eosorios01@pemex.com

El análisis de riesgos en la industria petrolera comprende varias condiciones a evaluar, como lo son riesgos geológicos, riesgos en la producción de pozos, riesgos de yacimientos, riesgos en la perforación de pozos, riesgos en la extracción, transporte, almacenamiento y comercialización, riesgos de infraestructura y riesgos económicos y financieros. Nosotros estudiaremos en este caso los riesgos geológicos. Para efectuar un manejo de riesgo de exploración, o de producción se deben tomar en cuenta 5 factores del sistema petrolero. El análisis de los riesgos geológicos se realiza en 4 etapas; identificación de riesgos, evaluación de riesgos jerarquización de riesgos y mitigación de riesgos. Es muy importante mencionar que los riesgos jamás se pueden eliminar por completo, se pueden reducir sin embargo. La interpretación sísmica tiene como propósito describir las estructuras geológicas existentes en el subsuelo con base en el empleo del modelado directo y que definen las trampas donde pudiera estar el hidrocarburo. El primer paso en la metodología consiste en recabar toda la información disponible y que pueda ayudar a una correcta interpretación. Pero la interpretación no solo se limita a eso, ya que la interpretación es una herramienta importante para inferir la migración de hidrocarburos desde la roca generadora hasta la roca almacén. Es importante conocer el contexto geológico estructural regional, esto nos sirve como guía para determinar si los resultados de la interpretación tienen sentido geológico, es decir; es necesario conocer las estructuras que son producto del contexto tectónico y sedimentario regional, para proponer una solución al modelo, en el caso de la

interpretación para áreas de exploración es crucial determinar correctamente un adecuado análogo geológico. Los parámetros a considerarse para la elección de un correcto análogo geológico es la cercanía con el campo en exploración, que la geología estructural regional obedezca similares patrones y estilos estructurales, y por supuesto, que correspondan al mismo play. La mejor forma de definir el riesgo es la implementación del manejo de riesgos. Ya que un riesgo nunca puede ser eliminado del todo, así que se tiene que manejar el riesgo. Con base en la interpretación y al conocimiento geológico del campo, los riesgos identificados y asociados al sistema petrolero son los siguientes •Sello lateral por falla •Roca almacén. Características del Sistema Poroso. Existe incertidumbre en la continuidad de Facies Con base en la información analizada, y la interpretación sísmica realizada se concluye que: Es primordial seguir las medidas de mitigación propuestas para proceder con menor incertidumbre. La zona de mayor riesgo por falla lateral se encuentra entre la sección XL 241 y la XL 261 debido a la yuxtaposición JSK-JSK, y posible fuga.

EG-16

RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL USO DEL MÉTODO ESPECTRAL V/H COMO INDICADOR EN LA PRESENCIA DE FLUIDOS PARA UNA ZONA DE LA REGIÓN ORIENTE DEL PAÍS

Dionicio Sánchez Juan Antonio, Aguirre González Jorge,
Granados Iván y Heredia Martínez Mariana Guadalupe
Instituto de Ingeniería UNAM
ja.dionicio15@gmx.com

El método de adquisición de ruido sísmico se ha utilizado como alternativa a los métodos de fuente activa en varios sitios alrededor del mundo (Okada, 2003), y junto con la técnica HVSR (Nakamura, 1989), frecuentemente usada como un estimador confiable del periodo fundamental de sitio, han sido requeridos debido a su simplicidad, rapidez y economía (Bard, 1999) Dangel et. al. (2003) encontró anomalías en los espectros verticales de registros de ruido sísmico sobre reservorios de hidrocarburos a lo largo del mundo. Con base en ello, Lambert et. al. (2007, 2008) y Saenger et. al. (2007) propusieron una modificación a la técnica HVSR con la idea de resaltar la componente vertical, realizando el cociente espectral de la vertical sobre la horizontal (V/H), considerándolo un indicador de la presencia de fluidos para un reservorio. Siguiendo la idea de Saenger et. al. (2009) en el presente trabajo se obtuvieron cocientes (V/H) con algunas variaciones en el procesamiento de los datos. Se llevó a cabo en un área de 100 km² en la región Oriente de México, en la cual se instalaron 25758 geófonos y 83 sismómetros de banda ancha, con los que se obtuvieron registros de 6 y 48 horas, respectivamente. En el procesamiento de los datos, se realizaron los cocientes espectrales por el método tradicional de Nakamura (Promedio de los cocientes) y bajo la suposición del ruido sísmico como un Campo Difuso (Cociente de los promedios) (Sánchez-Sesma et al., 2011). Se obtienen mapas con la distribución de las amplitudes del cociente V/H para la zona de estudio, y se realiza una comparación con la información disponible de la zona para corroborar los resultados de esta técnica. Los resultados muestran que este método permite evidenciar la presencia de fluidos aunque a nivel muy superficial.

EG-17

CORRELACIONES CRUZADAS DE RUIDO SÍSMICO PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO 3D DE VELOCIDADES DE CORTE EN EL MUNICIPIO DE MIACATLÁN Y ALEDAÑOS, UBICADOS EN EL ESTADO DE MORELOS

Luna Rodríguez Javier Iván y Aguirre González Jorge
Instituto de Ingeniería UNAM
lunanji@hotmail.com

En el presente trabajo se lleva a cabo el análisis de ruido sísmico (microtremores) en las colindancias de los municipios de Temixco y Miacatlán ubicados en el estado de Morelos aproximadamente a 80 km al sur de la Ciudad de México. Con el objetivo de caracterizar las propiedades sísmicas del medio y obtener un modelo 3D de velocidades de ondas de corte, se desplegaron 11 estaciones sismológicas con sensores de banda ancha tipo Guralp® modelo CMG-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 6 km. A un que la colocación del total de los sensores se realizó en un tiempo aproximado de 6 meses, el tiempo de registro simultáneo de los diez sensores fue de aproximadamente 2 meses con 11 días, grabando en tiempo continuo a 100 m.p.s. Para reconstruir la función de Green se llevó a cabo la correlación cruzada en 10 estaciones, pues una de las estaciones solo se colocó solo algunas horas. El procedimiento usado para calcular las correlaciones fue siguiendo en lo posible el método de Bensen et al. (2007).

EG-18

INTEGRACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS Y GEOLÓGICOS PARA EL MODELADO TRIDIMENSIONAL DEL CRÁTER CHICXULUB Y LA PLATAFORMA DE YUCATÁN, MÉXICO

Guzmán Hidalgo Elizabeth
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
elizaymc@hotmail.com

La estructura de impacto del Cráter Chicxulub formada hace 65 Ma y enterrada bajo un espesor de aproximadamente 1000 m de sedimentos carbonatados en la Plataforma de Yucatán, representa un reto para la interpretación geofísica y geológica. Desde su descubrimiento en 1989 se han realizado estudios de reflexión sísmica, gravimetría, sedimentología y estratigrafía, con el fin de revelar las dimensiones del borde del cráter y el anillo de picos, así como de investigar la composición y emplazamiento de los depósitos de las brechas y fundidos generados casi instantáneamente por el impacto. El propósito de este estudio es integrar datos sísmicos 2D, gravimetría y sedimentología en un entorno tridimensional, para mapear los principales elementos del cráter y establecer si existe correlación con las anomalías gravimétricas históricamente reportadas. En el software de modelado 3D se integraron el mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer, 44 líneas sísmicas 2D adquiridas por la Universidad de Texas en Austin, 2 mapas de alta resolución de la batimetría del Escarpe de Campeche y las columnas litoestratigráficas de 13 pozos perforados por PEMEX, la UNAM y los programas IODP-ICDP. Con las columnas litoestratigráficas se diseñó una sección a través del cráter, en donde se identificó la cima de los espesores de las brechas tipo suevita, brechas de evaporitas, fundidos y de la secuencia del Cretácico. La firma de la señal sísmica se correlacionó en el anillo de picos con los registros de densidad y velocidad de onda P del pozo M0077A recientemente perforado por los programas IODP-ICDP. Con la interpretación de las líneas sísmicas 2D se obtuvo el mapa del límite K-Pg y se estableció la comparación con las anomalías gravimétricas de Bouguer, observándose la correspondencia entre los principales elementos del cráter: el borde, el anillo de picos y la cuenca del Cenozoico.

EG-19

PROSPECCIÓN GRAVIMÉTRICA Y MAGNETOMÉTRICA EN EL VOLCÁN PARICUTÍN, MICHOACÁN, MÉXICO

Simón Velázquez David¹ y Cifuentes Nava Gerardo²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM.

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
dav.sim.ve@gmail.com

El Cinturón Volcánico Transmexicano es una zona de alta actividad volcánica, sobre ella se encuentran volcanes activos que son observados de forma continua para su comprensión. Entre éstos se encuentra el volcán Parícutín, que ha sido tema de interés científico por la oportunidad de observar su surgimiento en 1943 y su evolución hasta 1952. A pesar de ser un volcán apagado, el interés por comprender su evolución y características estructurales es de gran importancia para la comunidad geológica y geofísica. Los estudios geofísicos en este volcán han sido pocos y no han sido enfocados en determinar su estructura. Los métodos potenciales, magnetométrico y gravimétrico, son ideales para poder llevar a cabo una primera aproximación y obtener un modelo conceptual de la estructura y su fuente de alimentación. En este trabajo, se utiliza el modelado directo para proponer una estructura del volcán a partir de las anomalías observadas, corregidas, procesadas y analizadas.

EG-20

INTERPRETACIÓN DE REGISTROS GEOFÍSICOS EN DEPÓSITOS VOLCÁNICOS DE LA CUENCA DE MÉXICO: POZOS AGRÍCOLA ORIENTAL 2B Y 2C

Martínez Tapia Sarai¹, Morales Casique Eric², Lezama Campos José Luis² y Arce José Luis²

¹ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
sarai_martiz@hotmail.es

El presente trabajo presenta la interpretación del registro geofísico adquirido en los pozos Agrícola Oriental 2B y 2C perforados en el Oriente de la Ciudad de México. En particular, se presentan los resultados obtenidos de aplicar un estudio multivariable en los registros más sensibles a los cambios en las propiedades mineralógicas y físicas de las formaciones volcánicas comprendidas en las profundidades de 1000 a 1500 m. Entre los registros geofísicos aplicados se encuentra el registro de espectroscopia de rayos gama y los registros sísmico y densidad neutrón. De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo establecer un conjunto de gráficos para identificar la variabilidad litológica y grado de alteración de los distintos depósitos. La diversidad de la composición química de las rocas volcánicas se distinguió principalmente por diferencias de radiactividad, densidad y el contenido de hidrógeno en las rocas y fue corroborado con las muestras físicas disponibles en cada uno de los pozos. Finalmente se establece una columna litológica del sitio y los criterios para su identificación.

EG-21

DIFERENTES PERSPECTIVAS SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA CALDERA DE LA PRIMAVERA INTERPRETANDO ANOMALÍAS AEROMAGNÉTICAS

Alatorre Zamora Miguel Ángel¹, Campos Enríquez José Oscar² y Fregoso Emilia³

¹Departamento de Ingeniería Civil, CUCEI, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Departamento de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara
alatorre2004@hotmail.com

Existen estructuras volcánicas que han renovado su atención para la exploración y producción de electricidad a través de su potencial geotérmico. Una de ellas es la caldera comendítica de La Primavera, localizada al Oeste de Guadalajara, México. Explorada geológica y geofísicamente en el pasado reciente, los datos aeromagnéticos reportados por el Servicio Geológico Mexicano en 1998 dan diferentes perspectivas para la interpretación de la estructura interna subsuperficial, especialmente para aquellas unidades que pueden corresponder al reservorio geotérmico y que tienen características magnéticas. Además del interés geotérmico, el área ha sido atractiva desde el punto de vista geológico, al localizarse en la intersección de la Sierra Madre Occidental, la Faja Volcánica Trans Mexicana y el Bloque Jalisco, y desde el punto de vista estructural y tectónico, al hallarse en la vecindad del Punto Triple de Jalisco, formado por los rifts de Colima, Chapala y Tepic-Zacoalco. Estudios previos reportan para La Sierra de La Primavera estructuras con direcciones NW-SE (de corte regional), E-W (hacia el sur de La Primavera) y NE-SW, localmente y dentro de la Sierra del mismo nombre. Las anomalías aeromagnéticas presentan rasgos de alto número de onda en los que predominan ligeras tendencias lineales NW-SE (al NW del área estudiada), NE-SW al sur de la caldera, y W-E por el centro. Siguiendo las tendencias grupales de los rasgos anómalos es posible apreciar la presencia del hundimiento calderico. Las anomalías aeromagnéticas fueron procesadas mediante varias técnicas (reducción al polo, gradientes horizontales, continuaciones ascendentes, transformada pseudogravimétrica, segunda derivada vertical, señal analítica e inversión de Euler), para definir en apoyo de estudios geofísicos previos, la estructura interna de la caldera. De estos procesados, los que mejores resultados arrojaron fueron en conjunto la prolongación ascendente a 1000 metros sobre el terreno, y en ella la señal analítica, la inversión de Euler y la segunda derivada vertical. En estos últimos resultados se muestra la ocurrencia de varias estructuras circulares. De hecho, y en ligera discrepancia con las expresiones superficiales, en los gradientes en x y en z de la anomalía reducida al polo destaca la presencia del anillo de la mitad sur de la caldera. En todos los casos este círculo sur se ve acompañado de altos estructurales al sur del mismo, precisamente, lo que podría indicar una leve inclinación o profundización de la caldera hacia el norte. La inversión de Euler de la anomalía prolongada a 1000 metros sobre el terreno exhibe con una gran claridad la presencia del hundimiento calderico, que llega hasta los 5 kilómetros de profundidad, cortando las zonas de producción geotermal propuestas en los ochentas. Además, se exhibe la posible existencia de dos rasgos NE-SW hacia el este de la caldera, y otro NW-SE, al sur de la misma, que parecen alcanzar al basamento cretácico de la zona. Este último rasgo ya ha sido reportado en estudios previos.

EG-22

EL PLUTÓN CERRO PRIETO, UN LACOLITO LARAMÍDICO INFERIDO MEDIANTE LA MODELACIÓN INVERSA NO LINEAL 3D DE DATOS AEROMAGNÉTICOS

García Abdeslem Juan¹ y Calmus Thierry²

¹CICESE

²ERNO-UNAM

jgarcia@cicese.mx

El Plutón Cerro Prieto de composición monzonita-sienita, está ubicado en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango, en el norte de México. Su emplazamiento ocurrió en las rocas sedimentarias del Jurásico-Cretácico, en particular la Formación Caracol del Cretácico tardío, lo cual produjo una aureola de metamorfismo con la formación de hornfels y actividad hidrotermal acompañada de depósitos minerales metálicos (Au, Ag, Pb, Cu, Zn). Este plutón causa una anomalía magnética intensa de tipo dipolar normal, con una intensidad mínima a máxima de más 1,000 nT. La modelación inversa no lineal 3D revela un cuerpo magnetizado con un volumen de 625 km³, que explica la anomalía observada con una varianza residual menor a 1 nT. La geometría del modelo resultante de la inversión, sugiere que el magma fue inicialmente emplazado en una superficie horizontal, actualmente a 2,000 m debajo de la superficie, que posteriormente engrosó levantando el techo y bajando el piso, formando una cámara magmática. La geometría del modelo corresponde, aproximadamente, a un elipsoide oblatado alargado en la dirección N25E; la longitud de sus ejes es: L1 = 20, L2 = 12.5 y L3 = 4 km. Este elipsoide ocupa el 83 % del volumen inferido (~525 km³) y satisface la ley de potencias L3=[(L1+L2)/2]^{0.55} que clasifica al plutón Cerro Prieto como un lacolito. Considerando la ecuación de difusión en una dimensión, con una constante de difusión térmica de 0.6 mm²/s, el tiempo máximo para reducir la temperatura del magma al tiempo de la intrusión (~ 1023 K) hasta la temperatura de la transición ## del cuarzo (846 K) es de aproximadamente 500,000 años, sugiriendo que el lacolito Cerro Prieto se emplazó al inicio del Paleoceno, que se enfrió alcanzando la

temperatura de Curie para magnetita (580# C = 853.15 K) y se magnetizó durante el sub Cron C29n o C28n, entre 66 y 63.5 Ma, durante la Orogenia Laramide.

EG-23

ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE UNA SECUENCIA EVAPORÍTICA EN UNA PORCIÓN DE LA CUENCA DE SANDIA (NUEVO LEÓN): IMPLICACIONES PALEOCLIMATOLÓGICAS

Sánchez Maribel¹, Roy Priyadarsi², Sánchez-Zavala José Luis³ y Arango Galván Claudia⁴

¹Depto. Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Depto. Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM

³Depto. Procesos Litosféricos, Instituto de Geología, UNAM

⁴Depto. Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM
sanchez.garcia.maribel05@gmail.com

La Paleoclimatología es el estudio exhaustivo de los suelos/sedimentos depositados en las cuencas sedimentarias, utilizando diferentes herramientas como la geoquímica, micropaleontología, sedimentología y geocronología, para inferir condiciones climáticas del pasado geológico. Sin embargo, los alcances de estas técnicas directas suelen ser puntuales espacialmente, y su aplicación suele ser demandante y en ocasiones muy costosa. En este sentido, el presente trabajo pretende evaluar una técnica indirecta para una evaluación más extensa y más asequible. El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento de la resistividad eléctrica del subsuelo con respecto a la textura y abundancia de diferentes evaporitas (sales minerales) para así apoyar en los estudios paleoclimatológicos en la ubicación de sitios potenciales para perforación y recolección de muestras en trabajos futuros de investigación. La cuenca sedimentaria denominada Sandia, está ubicada en el estado de Nuevo León (México), en el margen occidental de la Sierra Madre Oriental. Se realizó el estudio de las texturas de los sedimentos, así como la estimación de la abundancia de diferentes evaporitas en una trinchera con profundidad de 300 cm (SAN-1). Adicionalmente, se adquirió una sección de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) cerca de la trinchera utilizando diferentes arreglos. Con fines comparativos, se construyó una columna estratigráfica, la cual se dividió en tres unidades de base a cima (300-62 cm: limo con yeso; 62-27 cm: limo; 27-0 cm: limo-arena) con base en los cambios de textura y color de los sedimentos. También se midieron concentraciones de cloruros (0.08-0.21%), carbonatos (0.65-2.59%) y sulfatos (1.10-82.66%). Al comparar la variación de la textura y la presencia de sales minerales con los modelos geoelectrónicos, se observó que la TRE no resulta conveniente para delimitar capas de sedimentos con grosores menores a 1m, debido a la resolución restringida por la separación electrodica. Sin embargo, a profundidades mayores de 1 m, la técnica geofísica permitió la detección de la unidad más profunda (300-62 cm), al presentarse un aumento en la resistividad eléctrica coincidente con la disminución de carbonatos del 2.59% al 0.65 % y el aumento del contenido de sulfatos del 51.42% al 82.51%. Dado que el contenido de cloruros es mínimo y homogéneo, no se observa correlación alguna con las variaciones de resistividad. En este sentido, la técnica de TRE permitió extender las observaciones puntuales hechas en la trinchera, a una zona más extensa debajo de la localización del perfil geoelectrónico.

EG-24

CUATRO CASOS DE ESTUDIO EMPLEANDO LA TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA BIDIMENSIONAL (TRE-2D) EN ZONAS COSTERAS DE MÉXICO

Huitzil Hinojosa Laura Elianne¹, Hernández Quintero Juan Esteban², García Serrano Alejandro³ y Cifuentes Nava Gerardo⁴

¹Instituto de Geofísica, IGEF

²Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, Campus Morelia
bellotalaus1@gmail.com

La prospección eléctrica es un método geofísico muy utilizado para exploración del subsuelo, se emplea para determinar litología, ubicación de cavernas, exploración de agua subterránea, entre otras aplicaciones. En este caso de estudio se presenta el comportamiento de los acuíferos cercanos a zonas costeras. La Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE 2D) nos ayuda a identificar diferentes materiales que se encuentran en el subsuelo, por esta razón es un método muy utilizado para realizar estudios en busca de agua dulce y agua salada, porque los contrastes que se presentan entre estas dos fases son evidentes con estudios de resistividad. Se realizaron varios perfiles de Tomografía de Resistividad Eléctrica 2D en cuatro zonas costeras de México: Litibú y Cruz de Huanacaxtle (Nayarit), Casitas (Veracruz) y otro en el municipio de Santa María Colotepec (Oaxaca). Los datos fueron adquiridos con un equipo Syscal Pro y se procesaron con el software Earthimager para determinar las resistividades verdaderas. En la adquisición de datos fue necesario emplear la técnica de roll-along para tener una longitud más extensa en los perfiles eléctricos obtenidos. Se presenta el resultado de las inversiones obtenidas en dichos sitios; obteniendo como conclusiones preliminares la posición geográfica de los acuíferos, así como el marco geológico de cada sitio. Debe señalarse que la explotación de los pozos de los acuíferos es una variable determinante en el nivel de invasión de

agua salada y como consecuencia la disminución de la disponibilidad de agua dulce para las zonas de estudio.

EG-25

CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DE UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ

Salas Corrales José Luis¹, Rebollo Tapia Abraham Raymundo², Arango Galván Claudia³, Ramos Leal José Alfredo³ y Yañez Rodríguez María de los Ángeles⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

³Instituto Potosino de Investigación Científica, IPICYT

⁴Posgrado en Geociencias, IPICYT

jlusalasc@gmail.com

Se realizó la adquisición de 14 sondeos magnetotéluricos en los alrededores de la población de Rioverde, San Luis Potosí con fines hidrogeológicos. La distribución espacial de los sondeos fue diseñada para adquirir perfiles perpendiculares a la orientación preferencial de las estructuras más significativas de la zona de estudio, NW-SE y poder realizar un modelado bidimensional de los datos observados. El objetivo principal de este trabajo es la caracterización geoelectrónica del subsuelo para aportar información relevante que contribuya a la mejor caracterización del sistema hidrogeológico presente e incrementar el conocimiento sobre la morfología de las unidades evaporíticas a profundidad. Adicionalmente se adquirieron siete sondeos con la técnica del transitorio electromagnético para poder realizar la corrección estática en las curvas de resistividad aparente obtenidas con el método magnetotélurico. Los resultados son trascendentes ya que se logró caracterizar en profundidad el comportamiento de la unidad evaporítica y fue posible correlacionar dicha información con datos superficiales hidrogeológicos relativos con la calidad del agua.

EG-26

HIPÓTESIS “LOS GRADIENTES DE LOS PERFILES DE RESISTIVIDAD VISUALIZAN SISTEMAS DE FALLAS”

Cedillo Rodríguez Fidel, Caro Montero Iván Andrés, Santes Garrido Nestor David, Rangel Escobar Eliseo, Córdova Ortega Jesús, Álvaro López Gerardo y Gutiérrez Rodríguez Ricardo
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
fedelecedillo@hotmail.com

El análisis e interpretaciones de los modelos finales de los perfiles de resistividad (MT, SCHLUMBERGER), demuestran que los cambios de gradiente de las resistividades en (campos geotérmicos, o áreas con manifestaciones termales) evidencian la presencia o inexistencia de fallas geológicas (gravens y horts) así como fracturas regionales representadas por lineamiento estructurales de estructuras volcánicas. Así mismo estos gradientes identifican conductos de arcos volcánicos ,que corresponden a fallas semicirculares de posibles colapsos caldericos y lo más importante ,identifican sistemas de " fallas ocultas" cubiertas por sucesivos depósitos de lavas y piroclásticos. Por otra parte las resistividades están influenciadas: por el tipo de roca, porosidad, permeabilidad, saturación de agua dulce o salina, temperatura, mineralogía primaria y secundaria, minerales metálicos y no metálicos, altimetría y presencia de aguas marinas. Consideraciones Por los planos de los sistemas de fallas normales con gran penetración, ascienden las lavas y piroclásticos, formando estructuras volcánicas. En el bajo estructural, por el plano principal del sistema de fallas se presentan altas temperaturas, primero debido al flujo de material lávico y piroclástico, y al final por fluidos geotérmicos que, en parte se presentan en superficie, como manifestaciones termales, y otra parte altera la roca. El alto estructural, presentará menores temperaturas, ya que el plano de falla actúa como barrera impermeable a los anteriores flujos. Por otra parte, los planos de falla, permiten la infiltración y percolación de agua meteórica y agua de almacenamientos superficiales, que recargan a los reservorios geotérmicos. En cuanto a la presencia de los planos de las "fallas ocultas" cubiertas por depósitos de lavas y piroclásticos, estas "fallas ocultas" se presentan en depresiones.es precisamente en el ápice de estas planos de la fallas, donde circulan y descargan lateralmente los fluidos hidrotermales, alterando la rocas adláteres, en algunos sistemas geotérmicos esta alteración hidrotermal de la roca, forma la "capa sello". Lo anterior se observará en el sistema geotérmico de la Isla de Tenerife. En términos de resistividad, varios especialistas geotérmicos coinciden que: a mayor temperatura >100°C, menor resistividad<20ohm-metro. Y viceversa, a mayor resistividad>1000 ohm-metro, menor temperatura<30°C. Lo anterior no es definitivo, la disertación más delante de 8 artículos, discrepan con la temperatura versus resistividad.

EG-27

PROCESAMIENTO DE DATOS DE GEORADAR PARA LA DETECCIÓN DE CAVERNAS, EN SISTEMAS KÁRSTICOS

Villela y Mendoza Almendra¹, Sánchez Martínez Alejandra Ixchel², Herrera Juárez Viridiana², Guzmán García Rosalinda² y González Juárez Diego Armando²

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
avillela@uabc.edu.mx

El procesamiento de datos de georadar es la parte más complicada de este método, ya que en gran medida es subjetivo e intuitivo dependiendo de la experiencia del procesador y del objetivo del trabajo, es decir no se cuenta con una metodología estandarizada de procesamiento de datos, por este motivo este trabajo tiene la finalidad de proponer una secuencia de filtros que favorezca la delimitación de cavidades en suelos kársticos. Este estudio tomó como base suelos de tipo kárstico, ya que aportan las ventajas de ser estratificados (roca caliza, aire, agua) y presentan altos contrastes electromagnéticos en las interfaces. La metodología que se siguió fue: aplicar diferentes filtros de sismica de reflexión a los datos, seleccionar los filtros que mejoraban la delimitación de las cavidades y se propuso un orden de aplicación de los filtros. Como resultado final se muestra una sección de datos reales tomada sobre una gruta turística en Cuetzalan del Progreso Puebla, procesada con los filtros propuestos.

EG-28

MICRO-GRAVIMETRÍA URBANA: RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO DE IRREGULARIDADES EN EL BASAMENTO ROCOSO DE LA ZONA DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUERÉTARO

Yutsis Vsevolod¹, Arzate Flores Jorge Arturo², Hernández Saul Abraham³, Velázquez Juárez Daniel Arturo⁴, Torres Gaytán David Ernesto⁴, Mota Gómez Jesús⁴, Espinosa López Marcela Guadalupe⁴, Garza Juan Carlos⁴, Romo Manuel⁴ y López Samuel⁴

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

²Centro de Geociencias / UNAM

³CGEO/UNAM

⁴IPICYT

vsevolod.yutsis@ipicyt.edu.mx

Existen diversos tipos de riesgos geológicos que pueden dañar infraestructura y seguridad de la población civil. Desde los más extremos, como los sísmicos o volcánicos que pueden generar peligro inmediato en zonas habitadas, hasta los "riesgos persistentes", como los hundimientos del terreno por extracción de agua del subsuelo, que ocurren lenta e imperceptiblemente pero que sin embargo pueden hacer colapsar infraestructura por las fallas del terreno que pueden llegar a generar. La principal causa de los daños a la infraestructura son los movimientos diferenciales de suelo causados por las irregularidades en el basamento rocoso que contienen tanto al relleno sedimentario como a las reservas acuíferas de las que se extrae el suministro de agua. En la ciudad de Querétaro, los daños a la estructura civil por hundimientos de suelo empezó a documentarse en los años 80, aunque el fenómeno de agrietamientos haya sido observado en campos de cultivo del entorno urbano décadas antes. El presente trabajo, presenta los resultados de un estudio de micro-gravimetría en la zona urbana de la Cd de Querétaro, derivado de un convenio con el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN) de Querétaro para evaluar las condiciones del subsuelo y la distribución de las zonas de riesgo de hundimientos en la zona del Centro Histórico (CH) y colonias que le rodean. El estudio está enfocado a proporcionar información técnica detallada que permita llevar a cabo actividades de planeación, conservación y remediación de edificios y obra civil dañados por este fenómeno. El estudio fue realizado en el periodo enero-junio del 2018 y incluyó con la adquisición de 3,510 estaciones gravimétricas utilizando dos gravímetros Scintrex CG5 de precisión nominal de 1 microGal y la medición de un número equivalente de estaciones topográficas utilizando GPA diferencial (una antena de base y dos antenas móviles) con un equipo Trimble TDL-450H-R4, cuya precisión después del procesamiento oscila entre 10 y 15 cm. En total, el levantamiento gravimétrico cubrió 98,420 metros lineales; en la zona del CH se adquirieron 2,759 estaciones, incluidas 854 con separación de 5 metros (4,270 metros lineales) y 1,905 con separación de 10 metros (19,500 metros lineales). En torno de la zona del CH fueron realizadas 751 estaciones más, pero con separación de 100 metros que equivalen a 75,100 metros lineales adicionales, aunque con menor resolución lateral. Los datos adquiridos fueron corregidos por deriva instrumental, mareas, latitud, losa de Bouguer y por terreno. Adicionalmente, aplicamos la corrección atmosférica y la debida al efecto de los edificios (building correction), sobre todo la de los más masivos. Como resultado se obtuvo la carta de anomalía de Bouguer completa a partir de la cual se deduce la carta de riesgo de hundimiento de la Cd. de Querétaro, cuya configuración tiene una estrecha relación con las irregularidades del basamento rocoso y en consecuencia con el espesor de relleno sedimentario con mayor potencial de compactación.

EG-29

DISTRIBUCIÓN INTERNA DE DENSIDADES DE LA PIRÁMIDE DEL SOL DE TEOTIHUACÁN, MÉXICO, INFERIDA A TRAVÉS DE MICROGRAVIMETRÍA

Nava Flores Mauricio¹, Sánchez-González Jesús¹, Sarabia González Alejandro² y Escobedo Zenil David¹

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH
mnava@unam.mx

La Pirámide del Sol de Teotihuacán es uno de los edificios monumentales más representativos del pasado prehispánico mexicano, cuya estructura interna y procesos constructivos aún no son completamente conocidos. Debido a la necesidad de contar con información útil para caracterizar su estructura interna, la Facultad de Ingeniería por invitación del Instituto de Ingeniería, ambos de la UNAM, en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, realizó una primera campaña de adquisición microgravimétrica durante el mes de marzo de 2017. La campaña de adquisición consistió en ubicar estaciones sobre los diferentes niveles de la pirámide y a su alrededor, así como el levantamiento topográfico del monumento arqueológico, teniendo por objetivo la generación de un modelo de densidades 3D representativo de dicho edificio. En este trabajo se presenta el modelo de densidades 3D preliminar de la Pirámide del Sol, construido a través del procesamiento e inversión de los datos microgravimétricos observados en esta primera campaña. El procedimiento general para la obtención del modelo de densidades incluyó la estimación de la densidad media de la zona de estudio y el cálculo de la anomalía residual debida a la pirámide, así como su inversión con un algoritmo tipo Simulated Annealing numéricamente optimizado. El análisis del modelo resultante, formado por un ensamble de grandes dimensiones de elementos prismáticos rectangulares (cerca de 30,000), indica que la anomalía debida al modelo ajusta satisfactoriamente a la anomalía observada y que dicho modelo es una opción viable e interpretable de la distribución interna de densidades de la pirámide. Debido a la calidad del modelo preliminar presentado y con el objeto de detallarlo, se proyecta la inclusión a corto plazo, de mediciones dentro del túnel ubicado al frente de la pirámide y más estaciones en superficie, así como información de túneles exploratorios excavados en el edificio.

EG-30

MODELADO 3D DE UN PAR DE BOBINAS MAGNÉTICAS SOBRE ESTRUCTURAS SUPERFICIALES COMO MANIFESTACIONES GEOTÉRMICAS

Valdés-Moreno Beatriz, Pérez Flores Marco Antonio y De Basabe Delgado Jonás
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
betty.vald@gmail.com

El método electromagnético a bajos números de inducción consiste en colocar dos bobinas: 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). Geonics es una compañía que ha diseñado este tipo de equipos (como los modelos EM31, EM34 y EM38), los cuales miden la conductividad aparente del subsuelo. En este trabajo realizamos el modelado directo (conductividades aparentes) a bajos números de inducción para cuerpos tridimensionales. Resolvimos las ecuaciones de Maxwell en el dominio de la frecuencia utilizando el método numérico de diferencias finitas con mallado intercalado. Simulamos la conductividad aparente en el aire y sobre la superficie de cuerpos geométricos simples, como cenotes. También calculamos la conductividad aparente de una manifestación geotérmica superficial, ubicada en el campo geotérmico de Las tres Vírgenes en Baja California Sur, México y finalmente, realizamos un experimento, simulando una herramienta electromagnética dentro de un pozo. Las conductividades aparentes pueden ser negativas para cuerpos conductores cuando se utilizan bobinas coplanares horizontales.

EG-31

EMPLEO DEL CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO PARA LA INVERSIÓN DE DATOS GRAVIMÉTRICOS EN TRES DIMENSIONES

Ortiz Alemán José Carlos¹ y Durán González Juan Daniel²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
carloso@unam.mx

En este trabajo se aplican técnicas de inversión gravimétrica en tres dimensiones, para estimar modelos geológicos del subsuelo altamente complejos, que requieren de cómputo masivo. Los algoritmos se presentan en una secuencia de proceso optimizada, que funciona en paralelo a través de cómputo de alto rendimiento. Se concatenan métodos lineales simples, que arrojan soluciones que representan una primera aproximación al modelo geológico del subsuelo, para posteriormente refinar dichos modelos empleando métodos de optimización global, en particular el método de recocido simulado (simulated annealing). Este enfoque de inversión, se aplica a

dos casos de estudio de interés especial en la exploración geofísica: la estructura de impacto denominada Chicxulub y un ambiente geológico complejo en el Golfo de México donde existe tectonismo salino. Se discuten algunas particularidades de la técnica, que permiten aplicarla en diversos contextos geológicos.

EG-32

INFERENCIA DE FALLAS GEOLÓGICAS A TRAVÉS DE LA INTERPRETACIÓN POR MEDIO DEL MÉTODO DE DECONVOLUCIÓN DE EULER A DATOS OBTENIDOS MEDIANTE LA DIGITALIZACIÓN DE CARTAS MAGNÉTICAS CORRESPONDIENTES AL MUNICIPIO DE COMALCALCO, TABASCO

Gómez Rodríguez Darío, Bustamante Orozco Marco Rogelio y Chávez Hernández Guillermo
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
 dariogr9@outlook.com

En la actualidad múltiples instituciones de investigación elaboran levantamientos aeromagnéticos para después elaborar cartas magnéticas las cuales están disponibles de manera gratuita en diversas plataformas virtuales. Hoy en día se han realizado estudios, aunque de manera escasa, que la digitalización de cartas magnéticas puede ser empleada como una alternativa confiable la cual, para ciertos estudios, podría suplir la realización de levantamientos magnetométricos terrestres y de esta manera abarcar considerables extensiones de territorio. El trabajo que se desea presentar tiene como propósito el mostrar una interpretación por medio del método de la Deconvolución de Euler, el cual será aplicado a los datos obtenidos a través de la digitalización de ciertas cartas magnéticas correspondientes al municipio de Comalcalco, Tabasco, mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para así localizar las fuentes que generan las anomalías de interés y determinar las profundidades asociadas, con el objetivo de inferir estructuras tales como fallas geológicas. En dicho trabajo se describirán los procesos a los cuales serán sometidos los datos para llegar al producto final, como son las derivadas verticales y horizontales, así como la reducción al polo y por último la aplicación de la Deconvolución de Euler.

EG-33 CARTEL

INVERSIÓN 3D DE DATOS MAGNÉTICOS EN LA CUENCA DE SABINAS

Fariás González Miguel Ángel, Gaytan Espinoza Alexis, Batista Rodríguez José Alberto, Almaguer Carmentales Yuri y López Saucedo Felipe de Jesús
Universidad Autónoma de Coahuila, UADEC
 miguel.fariasvq@gmail.com

La Cuenca de Sabinas se ubica en el noreste de México y forma parte de la configuración estructural y estratigráfica reconocible de dicha región. Debido a su importancia, relacionada principalmente con su potencial de recursos minerales y energéticos, se selecciona un sector dentro de la misma para llevar a cabo la inversión 3D de datos magnéticos, con el objetivo de destacar particularidades de su estructura, así como su relación con las deformaciones del relleno sedimentario. Inicialmente se realiza un análisis estructural regional, a través del procesamiento de datos morfométricos y la determinación de rasgos estructurales a escalas 1:50,000 y 1:25,000. Posteriormente se lleva a cabo la inversión de los datos magnéticos, a partir de la cual se obtiene un modelo 3D, el cual refleja las particularidades del basamento de la cuenca y de las intrusiones de rocas ígneas en este sector, lo cual incluye variaciones del relieve de dicho basamento, zonas de bloques levantados y hundidos, así como zonas de fallas profundas que afectan el basamento. Algunas de estas características presentan relaciones con las deformaciones del relleno sedimentario de la cuenca.

EG-34 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA UTILIZANDO MEDICIONES GAMMA ESPECTROMÉTRICAS Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA DE ROCAS DE LA FM. AUSTIN, EN LA CUENCA DE SABINAS

Gaytan Espinoza Alexis, Fariás González Miguel Ángel, Castillo Enríquez Mónica Alejandra, Batista Rodríguez José Alberto, Almaguer Carmentales Yuri, López Saucedo Felipe de Jesús y Dávila Pulido Gloria Ivone
Esc. Sup. De Ing., E.S.I. UADEC
 alexis_gaytan18@hotmail.com

Se presenta un análisis de las mediciones gamma espectrométricas y de susceptibilidad magnética en cuatro secciones transversales a la estratificación de una secuencia de rocas sedimentarias de la Fm. Austin, en la Cuenca de Sabinas, noreste de México. En el afloramiento estudiado, la formación geológica está conformada por calizas y pequeñas intercalaciones de lutitas. Las secciones y los puntos de medición en las mismas se ubicaron acorde a las características de los estratos, es decir, espesores y continuidad lateral. Las mediciones gamma espectrométricas, que expresan las concentraciones de K, U y Th, se llevaron a cabo con un Espectrómetro RS-125, mientras que la susceptibilidad magnética se midió

con un susceptibilímetro KT-10 Plus. Los resultados muestran altas variaciones gamma espectrométricas y de susceptibilidad magnética a lo largo de cada una de las secciones, indicando cambios en las condiciones de sedimentación de la secuencia de rocas sedimentarias. La comparación entre las cuatro secciones también muestra variaciones laterales de ambos grupos de mediciones, sugiriendo posibles cambios de facies dentro de cada uno de los paquetes de rocas. Dentro de los estratos de calizas también se observan notables diferencias en los valores de ambas mediciones geofísicas, sugiriendo cambios en el grado de impureza de estas rocas, asociado a su contenido siliciclástico y de minerales ricos en Fe. Estos minerales deben estar asociados a nódulos de Fe y zonas de meteorización química observadas en estas rocas. De forma general, hacia la parte alta de la secuencia estratigráfica se incrementan los valores de ambos grupos de mediciones. Esto indica que en las últimas etapas de formación de esta secuencia de rocas, prevalecieron condiciones de oxidación y se incrementó el aporte de material detrítico.

EG-35 CARTEL

CORRELACIÓN DE RUIDO SÍSMICO (GEÓFONOS) EN UN CAMPO DE EXPLORACIÓN DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Granados Iván, Aguirre González Jorge, Dionicio Sánchez Juan Antonio y Solano Bahena René
Instituto de Ingeniería, UNAM
 igranadosc@igeofisica.unam.mx

Diferentes técnicas de exploración sísmica (activas y pasivas) han sido empleadas para la caracterización del subsuelo; en las últimas décadas el ruido sísmico ambiental (microtremores) ha ofrecido una alternativa atractiva para este fin, gracias a que esta técnica pasiva es más barata que las técnicas activas. Dentro de un campo de exploración petrolera, donde se contó con el registro continuo de ruido sísmico en geófonos empleados para reflexión sísmica, empleamos el uso de la correlación cruzada entre pares de estaciones para evaluar la posibilidad de la recuperación de las funciones de Green, y posteriormente, curvas de dispersión de ondas superficiales (velocidad de fase y de grupo). Esta información sería complementaria para otros estudios hechos en la misma zona con otras metodologías (interferometría sísmica, coeficientes espectrales V/H, etcétera).

EG-36 CARTEL

ALTAS CONCENTRACIONES DE HIDRATOS DE METANO: UNA EXPLICACIÓN A LA PRESENCIA DE SEEPS UBICADOS MAR ADENTRO DE LA ISLA MOCHA, CHILE

Vargas-Cordero Iván¹, Tinivella Umberta², Villar-Muñoz Lucía³ y P. Bento Joaquim⁴

¹Universidad Andrés Bello, UNAB, Viña del Mar, Chile

²Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste, Italy

³Helmholtz Centre for Ocean Research (GEOMAR), Kiel, Germany

⁴Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile
 ivan.vargas@unab.cl

Estudios recientes han documentado áreas de emanaciones de gas someras y profundas mar adentro de la isla de Mocha. La presencia de hidratos de metano a lo largo del margen chileno podrían explicar la presencia de estas en el área. En este contexto, es usada una metodología testeada que incluye: a) Identificación a través de secciones apiladas de la presencia del BSR, b) modelamiento de la velocidad sísmica a través del método de inversión, c) estimación de la concentración de la fase gaseosa (hidrato+metano libre) y d) cálculo del gradiente geotérmico usando la profundidad del BSR y fondo marino, además de considerar la temperatura del fondo marino. En el área cercana a la isla Mocha (20 km) se obtuvieron altas velocidades de hasta 1900 m/s sobre el BSR, las cuales están asociadas a altas concentraciones de hidratos de metano (20% de volumen total de roca), mientras que por debajo del BSR las velocidades disminuyen hasta alcanzar 1260 m/s, estas velocidades son interpretadas como altas concentraciones de metano libre (1.1% de volumen total de roca). Estos resultados se relacionan directamente con la variabilidad y los altos valores (65 a 110°C/km) estimados para el gradiente geotérmico en esta área. Un alto gradiente geotérmico implica alto aporte de fluidos profundos, los cuales pueden ser canalizados hacia zonas mas someras a través de fallas y fracturas. Más alejado de la isla a 60 km aproximadamente las concentraciones para la fase de metano libre disminuye a 0.3% del volumen total de roca, lo cual coincide con un valores mas bajos de gradiente geotérmico (35 a 60°C/km). Las anomalías de gradiente geotérmico cercano a la isla pueden ser explicadas debido a los efectos que han causado en el área deslizamientos submarinos reportados en el pasado geológico (560.000 años atrás), los cuales alterarían el flujo termal generando anomalías en el gradiente geotérmico. Es evidente que en la zona los procesos de disociación de hidratos de metano pueden explicar el aporte de fluidos que alimentan las áreas de emanaciones o seeps mapeadas en el sector, sobre todo si se considera que el área esta caracterizada por una alta sismicidad que podría gatillar terremotos que ayudarían en los procesos de desestabilización de los taludes submarinos.

EG-37 CARTEL

METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS CUTOFFS PROBABILISTA Y SU APLICACIÓN EN POZOS EXPLORATORIOS

Osorio Santiago Erick y Flores Brito Osiel
PEMEX
eosorios01@pemex.com

El análisis de registros geofísicos incluye un control de calidad de la información, validación y las correcciones ambientales, posteriormente se utilizan modelos para el cálculo de propiedades petrofísicas en los yacimientos. Para calcular el volumen de arcilla se utiliza la curva rayos gamma corregido, en el caso de existir análisis en núcleos, se calibra el porcentaje de total de la información obtenida del análisis de muestras petrografía y difracción de rayos X. Para el cálculo de porosidad se determina por medio del método densidad-neutrón, en el contar con información de porosidad en núcleos, esta se utiliza para calibrar la porosidad calculada a través de registros geofísicos. La litología se calcula mediante los registros de neutrón y densidad, la cual se corrobora con los datos de las muestras de canal o núcleos. Para obtener la propiedad de saturación de agua se utilizan los datos a partir de registros geofísicos (neutrón porosidad y resistividad) mediante la ecuación de Archie, debido al bajo contenido de arcilla en los yacimientos, posteriormente se realiza una calibración de la Sw irreducible, utilizando los valores de las curvas de presiones capilares por inyección de mercurio realizadas en los núcleos. Se identifican las zonas con mejores propiedades petrofísicas dentro del yacimiento (porosidad-permeabilidad e hidrocarburos) y se localizan zonas con mayor presencia de fracturas. Se ajusta la columna litológica con base en los registros (modelo de mineralogía). Se proponen los intervalos con mayor interés de producción, además se utilizan para futuros cambios de intervalos o reparaciones mayores y darle continuidad a la vida productiva del pozo). La estimación o determinación del espesor neto total e impregnado es necesario para establecer algunas características o valores mínimos, por debajo de los cuales las unidades de flujo no se consideran como prospectivas. Estos valores mínimos se denominan parámetros de corte o cut-off, los cuales generalmente son: arcillosidad máxima (Vshl), porosidad mínima (PHIE) y saturación de agua máxima (Sw). Se aplicó una metodología para realizar un modelo probabilístico a los valores de corte, con el fin de obtener los espesores neto a diferentes percentiles y realizar el análisis de riesgo.

EG-38 CARTEL

EVALUACIÓN PETROFÍSICA DE DOS POZOS PARA LA ESTIMACIÓN DE MÓDULOS ELÁSTICOS

Pérez Arguello Fernando y Hernández Castillo Luis Enrique
Instituto Politécnico Nacional, IPN
arguello0814@hotmail.com

La evaluación petrofísica consiste en conocer las propiedades físicas de las rocas y la relación que existe con los fluidos. Esto nos ayuda a conocer el comportamiento y las propiedades de las que están compuestas las rocas en la zona de interés, estudiando sus núcleos desde un laboratorio. El siguiente trabajo consiste en lograr las estimaciones de los módulos elásticos en las rocas que conforman dos pozos seleccionados ayudado por una evaluación petrofísica, con el fin de conocer a mayor profundidad la litología de estos pozos o saber como están constituidos y si estos nos pueden servir para una posterior extracción de hidrocarburos dependiendo la composición de la zona donde se encuentre. La estimación de los módulos elásticos en estos pozos nos ayudará en gran medida a saber el comportamiento mecánico que muestra la geología que los componen, con esto saber los límites elásticos que presentan, así como de que manera estos materiales se pueden deformar al introducirles una fuerza constante. Para poder conseguir la estimación de estos materiales, se calcularon las diferentes propiedades que no obtenemos directamente, con ayuda de las propiedades que obtenemos mediante las mediciones realizadas al pozo. Tales propiedades que nos ayudará con nuestra estimación de los módulos consisten en: resistividad, rayos gamma, porcore, permcore, neutrón y potencial espontáneo, en el cual, al tener digitalizados los valores de las propiedades de los registros nos ayuda a calcular la porosidad con la ayuda de los valores de rayos gamma, en donde es necesario el calcular el índice de arcillosidad para posteriormente obtener volumen de arcilla para llegar a la obtención de la porosidad efectiva y poder obtener de igual manera una relación resistividad-porosidad, como también, una correlación estratigráfica, determinar una relación de capas iguales entre pozos, estimación de litología, tipo de fluidos, saturación, y permeabilidad.

EG-39 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE FÍSICA DE ROCAS UTILIZANDO PROPIEDADES ELÁSTICAS

Castillo Juárez José Daniel, Javier Trinidad María Guadalupe y Coconi Morales Enrique
Instituto Politécnico Nacional
castillojuarez02@gmail.com

Debido a las demandas actuales de los recursos de hidrocarburos, es necesario prepararse con energías que involucren recursos no convencionales. Los datos

estudiados aquí corresponden a un pozo perforado con la intención de estudiar fuentes ricas en materia orgánica ya que forma parte de un yacimiento de aceite y gas de lutitas. Se presentan procedimientos para identificar los tipos de rocas en yacimientos de lutitas para integrar la mecánica de rocas con datos geológicos disponibles de muestras de núcleos, registros de pozos y el Contenido Orgánico Total. La integración de los datos permite una mejor interpretación para determinar el intervalo de interés a lo largo de la formación. Para el estudio se inició calculando propiedades petrofísicas tales como volumen de arcilla, porosidad y saturación de agua mediante el uso de registros, así como permeabilidad, TOC y propiedades elásticas mediante ecuaciones empíricas. La impedancia de Poisson y la relación de Poisson pueden reflejar el depósito de compactación o saturación de fluidos hasta cierto punto. Sin embargo, pocos atributos pueden caracterizar las condiciones del yacimiento de porosidad y saturación de fluidos simultáneamente. La caracterización del yacimiento es una parte importante en sísmica exploración. Los indicadores de fluidos ayudan a reducir el riesgo de la caracterización del yacimiento y aumentar la racionalidad de perforación. Indicadores de fluido tradicionales como $\frac{V_{shl}}{V_{shl} + V_{oil}}$. El indicador de fluidos compromete los méritos de los dos atributos (Impedancia de Poisson y la relación de Poisson) y efectivamente distingue la buena calidad en las zonas de reserva. El uso de este atributo en la inversión sísmica permite identificar con éxito los depósitos de buena calidad con alta porosidad y poca agua saturación. La saturación de agua y la porosidad son factores esenciales que influir en las respuestas sísmicas. Basado en RPT analizamos los indicadores tradicionales de fluidos "sensibilidad a la saturación de agua" y porosidad al determinar las características de distribución de datos cruzados en la plantilla.

EG-40 CARTEL

REFLEXIÓN SÍSMICA EN EL NORTE DE MÉXICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES SÍSMICAS AMBIENTALES

Vergara-Huerta Filiberto¹, Aguirre González Jorge² y Ávila Carrera Rafael³
¹Instituto de Geofísica, PCT-UNAM
²Instituto de Ingeniería, UNAM
³Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
filiberto.igf@gmail.com

En este trabajo se muestra la respuesta sísmica en reflexión obtenida en una región explorada al norte de México, mediante el método de interferometría sísmica de vibraciones sísmicas ambientales y en combinación con técnicas de reflexión sísmica convencional como son el CMP (Common Mid Point) y la corrección NMO (Normal Move Out). El método consiste en generar respuestas sísmicas a partir de fuentes virtuales mediante el proceso de correlación cruzada de registros de vibraciones sísmicas ambientales, recolectados en diferentes receptores. La respuesta sísmica obtenida es interpretada como la respuesta que se mediría en uno de los receptores considerando una fuente virtual en el otro. La adquisición de vibraciones sísmicas ambientales se realizó a través de arreglos semi-rectangulares de geófonos multi-componente con respuesta instrumental de 10 Hz. La distancia "in-line" entre geófonos fue de 40 m mientras que en "cross-line" fue de 280 m, los registros se tomaron a una tasa de muestreo de 500 m.p.s. con un tiempo total de grabación de 6 horas. Los resultados muestran la respuesta en reflexión correspondiente a una línea de geófonos "in-line" y otra "cross-line" en las cuales se ha identificado la continuidad de eventos coherentes en la banda de frecuencias de 10-30 Hz, mismos que se han interpretado como reflectores y que vislumbran interesantes posibilidades a la luz del proceso de correlación cruzada y en combinación con técnicas de reflexión sísmica.

EG-41 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO BAJO LA ACCIÓN SÍSMICA - CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO CAMILO CIEFUEGOS, SANTIAGO DE CUBA, CUBA

Arenas Gabriela¹, Chuy Tomas² y Caballero Luis Felipe²
¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
²CENAI
gaby.19igf@gmail.com

Los desastres naturales con frecuencia han provocado grandes pérdidas humanas y económicas, por lo cual es necesario profundizar en las investigaciones teóricas y a la vez aplicar la ingeniería como metodología de prevención y mitigación de riesgos. La ciudad de Santiago de Cuba, se encuentra asentada en una de las zonas donde se han reportado el mayor número de sismos, tanto en frecuencia como en magnitud, por lo que es considerada como la provincia expuesta a sufrir grandes daños debido a estos fenómenos; además de que las características tectónicas regionales favorecen a la ocurrencia continua de éstos. La caracterización tectónica de esta ciudad es reflejada fundamentalmente en la falla Oriente, que constituye el límite de la Placa Norteamericana con la del Caribe; siendo esta estructura de tipo transformante, la cual se desplaza hacia el Este a una velocidad aproximada de 2 cm/año. En el presente trabajo se muestra la aplicación de los métodos sísmico y geoelectrónico, con el objetivo de analizar y definir el comportamiento del suelo en el cual está asentado el edificio Camilo Cienfuegos en la ciudad de Santiago de Cuba, la profundidad del basamento y la caracterización geológica, para determinar las condiciones de estabilidad al estar sometido a cargas relevantes como los sismos. Se visualiza la correlación de la geología regional con la local a partir de los resultados geofísicos, así como la determinación de las velocidades de las ondas

sísmicas y los valores de resistividad, los que se complementan para la obtención de los resultados de nuestro trabajo.

EG-42 CARTEL

CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE PARES DE ESTACIONES DE UN ARREGLO DE RUIDO SÍSMICO PARA OBTENER VELOCIDADES VP Y VS Y DETERMINAR EL COEFICIENTE DE POISSON

Rivera Avila Roberto Carlos, Aguirre González Jorge, Heredia Martínez Mariana Guadalupe y Olivares Palomares Ángel Bruno
Instituto de Ingeniería, UNAM
rcra_1222@hotmail.com

Con la finalidad de saber la susceptibilidad y/o existencia de alguna filtración de agua en la Av. Central, comprendida entre el Complejo Deportivo y el Jardín botánico (Lago Artificial) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se llevó a cabo un estudio de ruido sísmico ambiental, con 16 sensores sísmicos de banda ancha. Estos fueron colocados equidistante mente a 50 m, en un arreglo lineal a lo largo de dicha avenida, con un tiempo promedio de registro de 4 horas de ruido ambiental para todos los sensores. Con esto, se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de los 16 equipos, teniendo un rango de frecuencia entre los 2.057 – 1.380 [Hz] y un periodo fundamental entre 0.486 – 0.725 [s]. También se hicieron las cross-correlaciones cruzadas entre pares de estaciones, con el objetivo de describir la distribución de las ondas Vp. Finalmente, con el objetivo de complementar y mejorar los resultados del estudio, se pretende utilizar el Método de la Autocorrelación Espacial (SPAC, por sus siglas en inglés), ya que el tipo de arreglo de los sensores, nos permite hacer SPAC en forma lineal, para obtener 16 perfiles de velocidad de onda de corte Vs. Y como conclusión del proyecto, mediante la obtención de las velocidades onda Vp y Vs, estimar el Coeficiente de Poisson para observar la susceptibilidad de alguna filtración que pueda existir en el sitio.

EG-43 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE DEL SUBSUELO EN SITIOS DONDE SE CONSTRUYEN PARQUES EÓLICOS

Garza Rocha Daniel y González Ibarra Natllely de Jesús
Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León, FCT-UANL
danielgarzarocha@hotmail.com

El presente trabajo presenta resultados de la obtención de los valores de la velocidad de propagación de la onda de corte a través del subsuelo mediante la aplicación de la técnica denominada "Análisis Multicanal de Ondas Superficiales". Para la adquisición de la información sísmica se utilizó un sismógrafo de 24 canales, 24 geófonos de 4.5 Hz, cable con 24 conectores para los geófonos, computadora portátil para conectar el sismógrafo, un martillo y una placa para generar la energía sísmica. El levantamiento de los datos fue realizado en lugares ubicados en el estado de Tamaulipas y Zacatecas. Para todos los sismogramas se obtuvieron las curvas de dispersión de la velocidad de fase en función de la frecuencia, y mediante un proceso de inversión se determinó la distribución de la velocidad de propagación de la onda de corte a través del subsuelo.

EG-44 CARTEL

MODELOS 2D DE RESISTIVIDADES A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LA CALDERA EL AGUAJITO, B.C.S.

Sagahón Torres Ángel Oswaldo, Esparza Francisco, Romo Jones José Manuel, Pérez Flores Marco Antonio y Gómez Arias Efraín
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
sagahon@cicese.mx

Uno de los cuatro campos geotérmicos en México operados por la Comisión Federal de Electricidad, se encuentra ubicado en el complejo volcánico de Las Tres Vírgenes. Actualmente, este campo cuenta con una capacidad de generación eléctrica instalada de 10 MW a través de dos unidades de 5 MW cada una. Sin embargo, hay zonas con posible potencial geotérmico, como es la caldera El Aguajito. En ésta caldera, se localiza el sistema hidrotermal Agua Agria, donde se han realizado diversos estudios. Los modelos 2 y 3D de resistividad a partir del estudio electromagnético muestra buenas zonas conductoras, por lo que se requiere realizar un estudio de conductividad a mayor profundidad. El método magnetotelúrico es una opción viable. Con este método, se pueden obtener modelos resistivos de la estructura a mayor profundidad, para determinar, principalmente, zonas de mayor conductividad eléctrica, que generalmente están asociadas a temperaturas anormalmente altas, siendo éstas de gran interés para la geotermia. Se presentarán modelos de inversión en una y dos dimensiones utilizando el algoritmo tipo Occam y Gauss-Newton, respectivamente, de los datos obtenidos en un perfil de 9 sondeos magnetotelúricos en la caldera El Aguajito, B.C.S.

EG-45 CARTEL

ESTUDIO GEOFÍSICO PARA EL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE VENUSTIANO CARRANZA, PUEBLA

Torres Sarmiento José de Jesús, Vera González David Antonio, Guzmán García Rosalinda y González Juárez Diego Armando
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
jose.torres@itsvc.edu.mx

Los métodos eléctricos de prospección también denominados geoelectrónicos funcionan aplicando una corriente eléctrica continua al subsuelo, midiendo la diferencia de potencial y tomando lecturas de diferencias de resistividad. Por lo anterior, resultan ser una alternativa muy eficaz al aplicar técnicas como la Tomografía Eléctrica, la cual consiste en obtener información de la distribución de resistividad del subsuelo. El municipio de Venustiano Carranza se localiza en la parte norte del estado de Puebla perteneciente a la Sierra Madre Oriental, el cual se encuentra sobre las Formaciones Palma Real (ToAr-Lu) y Chicontepec (TpaeAr-Lu) del Paleoceno. Debido a la escasez de agua en el municipio, se llevó a cabo el proyecto para determinar posibles zonas de saturación, con el fin de determinar la unidad geológica que tenga la capacidad de almacenar agua y definir si el potencial es favorable para su extracción. El equipo utilizado para el levantamiento fue un resistivímetro modelo SYSCAL JUNIOR/R1 PLUS de 2 canales. Se trazaron tres perfiles, dos paralelos (dirección NE – SW) y uno transversal (dirección SE – NW). Usando una geometría de arreglo dipolo - dipolo, con 24 electrodos manteniendo una separación de 5 metros entre sí, dando una longitud de 115 metros aproximadamente. Del resultado del procesamiento de datos se obtuvieron mapas de isoresistividad que presentan valores de 0 hasta 80 ohm-metro, los cuales se pueden asociar a un ambiente sedimentario con materiales de arcilla y arena principalmente. Se determinó una unidad geoelectrónica asociada a areniscas compactas después de los 7 metros de profundidad, la cual funciona como una capa impermeable para la zona saturada determinada en los modelos de resistividad.

EG-46 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL SUBSUELO EN LOS VIVEROS DE NETZAHUALCÓYOTL, XOCHIMILCO, APLICANDO TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS TRANSITORIOS

Gómez Peña Yoselyn¹, Bücker Matthias², Ortega Guerrero Beatriz³ y Cifuentes Nava Gerardo⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²TU Wien, Austria

³Instituto de Geología - UNAM

⁴Instituto de Geofísica - UNAM
yogom23@gmail.com

Se presenta la prospección de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) en los Viveros de Netzahualcóyotl, Xochimilco Cd MX, al sureste de la cuenca de México. Desde el punto de vista geológico, se encuentran en una sub-cuenca, zona de acumulación de depósitos lacustres, aluviales y volcánicos. La presencia de grandes espesores de sedimentos, lo hacen un área de gran interés, ya que en ellos se preserva la historia de su evolución geológica (volcánica y tectónica) y de las condiciones climáticas y ambientales ocurridas en el Cuaternario en la región. A través de la TRE se obtiene un modelo geofísico bidimensional para inferir la geología del subsuelo, correlacionándola con los estudios de pozos existentes, complementando el conocimiento de la variación local-regional de las unidades geológicas presentes.

EG-47 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DE UNA ZONA CON KARSTICIDAD EN CUETZALAN DEL PROGRESO, PUEBLA

Herrera Juárez Viridiana¹, Sánchez Martínez Alejandra Ixchel¹, Guzmán García Rosalinda², González Juárez Diego Armando¹ y Villela y Mendoza Almendra²

¹Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC
viridianahj@itsvc.edu.mx

Cuetzalan del Progreso se localiza en la Sierra Norte del estado de Puebla, debido a su contexto geológico y las condiciones climáticas del área, en el subsuelo se ha formado un complejo sistema de cavernas. La disolución de materiales (calizas y lutitas principalmente) causada por el paso del agua a lo largo de los años ha sido la responsable de generar dichas cavidades. El método geoelectrónico permite clasificar los materiales del subsuelo en base a sus propiedades eléctricas, puesto que pueden ser resistivos en menor o mayor medida. De ésta manera, dicho método constituye una herramienta útil en la caracterización de zonas que presentan karsticidad pues facilita la ubicación de zonas con cavidades cuyas resistividades son elevadas debido a la presencia de aire (dieléctrico). El presente trabajo muestra tres tomografías eléctricas obtenidas de la campaña de campo efectuada sobre la gruta "Aventura" ubicada en Cuetzalan del Progreso, Puebla. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el software RES2DINV.

EG-48 CARTEL

SEISMIC UNIX, UNA HERRAMIENTA ALTERNATIVA PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Acosta Hernández Jorge Alberto, Martínez Rodríguez Flor Sarahi,
 Álvarez San Roman Fernando y Cámara Beauregard Gelder Eneó
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DACB.
 jorge.acosta@ujat.mx

El procesamiento de datos sísmicos de reflexión, consiste en la elección y posterior aplicación de los adecuados parámetros y algoritmos de tratamiento a los datos adquiridos en campo, con el fin de obtener secciones sísmicas de calidad. El objetivo fundamental de todo procesamiento sísmico es aislar en los registros las reflexiones de otros eventos sísmicos que se superponen a ella. Actualmente, debido al gran incremento del volumen de datos y al desarrollo de nuevos algoritmos, el dominio de las técnicas de procesamiento es el pilar básico de la prospección geofísica, es por ello que en el presente trabajo se presentará de manera general el uso y los alcances del software Seismic Unix como una herramienta alternativa para los estudiantes, profesores e investigadores que tienen el acceso solo a plataformas de manera libre y restringido el uso de algún software comercial. El Seismic Unix es un software libre que permite el procesamiento de datos sísmicos bajo el sistema operativo UNIX, se puede tener un uso y modificación ilimitada de sus códigos cuya filosofía es propiciar un ambiente de procesamiento y desarrollo libre de acuerdo a las necesidades del usuario. Se elaboran un conjunto de shell scripts de tal forma que se permite la interacción entre el usuario y el programa aplicando diferentes algoritmos y funciones enfocadas al procesamiento de datos sísmicos. Con esto se tiene la posibilidad de aplicar la secuencia básica de procesamiento sísmico entre los que destacan el uso de diversos filtros a los datos obtenidos, procesos como la divergencia esférica que nos permiten minimizar la pérdida de amplitudes, procesos relacionados con la deconvolución, asignación de geometría, el análisis de velocidad mediante distintos métodos, corrección por Normal Move Out (NMO), apilado de datos, parámetros de ganancia y por su puesto migración.

EG-49 CARTEL

PLATAFORMA TIPO ROVER PARA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Ortuño Chanelo Stephany¹ y Carrillo Vargas Armando²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 saney.chanelo@gmail.com

Actualmente los sistemas robóticos autónomos se encuentran en la frontera de la exploración geofísica, por lo que la prospección geofísica actual plantea desarrollar tecnología propia para acelerar la investigación en México, con base en estos requerimientos surge la idea de este proyecto, donde el objetivo principal es diseñar e implementar una plataforma móvil de exploración terrestre, capaz de navegar guiado por teleoperación o de manera autónoma por medio de estímulos sensoriales. Para cubrir el objetivo anterior, se formula una arquitectura de control por medio de bloques, donde se integran componentes que cumplen con una función particular y su interacción en conjunto permite cumplir con los objetivos generales para los cuales fue diseñada la plataforma. Por otra parte, los sensores implementados en este proyecto son eficaces para la exploración de diversos tipos de ambientes, ya que miden factores elementales (temperatura, humedad y gases) y la información visual permite la detección de estructuras de interés. Adicionalmente, este sistema de inspección transmite los datos obtenidos por los sensores hacia una estación de control, por medio de módulos XBee, para desplegar gráficamente el monitoreo a distancia y guardar la información para un posterior procesamiento y análisis. El desarrollo de esta plataforma utiliza tecnologías recientes y de software libre con la finalidad de formar un sistema dirigido a la prospección geofísica abierto a la adaptabilidad, es decir capaz de adecuarse al ambiente que se desea explorar y de permitir mejoras futuras.

EG-50 CARTEL

CALIBRACIÓN DEL EQUIPO GEOFÍSICO: MAGNETÓMETRO "G-857" Y RESISTIVÍMETRO "SYSCAL JUNIOR SWITCH"

Islas Santes Fredy, Téllez San Agustín Luis David, González
 Juárez Diego Armando y Guzmán García Rosalinda
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
 fredy.islas@itsvc.edu.mx

Los principios fundamentales de la geofísica se basan en las leyes físicas que rigen a la naturaleza, para comprender la composición y estructura de la tierra desde el punto de vista físico-matemático, analizando y midiendo con gran detalle la respuesta indirecta de los diversos materiales geológicos que conforman y yacen en el subsuelo. En cualquier lugar de la tierra se puede comprobar la influencia magnética, con una dirección e intensidad determinada, sujeta a variaciones periódicas y a perturbaciones no periódicas. Mientras que la prospección eléctrica parte del conocimiento de las resistividades eléctricas presentes en el subsuelo, midiendo la diferencia de potencial generada por la inyección de una corriente

eléctrica en la superficie terrestre. Existen situaciones prácticas que conllevan a utilizar varios métodos, obteniendo de esta manera información complementaria para la generación de un modelo geofísico integral representativa del subsuelo. El siguiente trabajo consiste en la calibración del equipo geofísico del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza (ITSVC), con el fin de que dichos equipos funcionen correctamente para futuras actividades. El objetivo del proyecto es ubicar mediante los métodos magnético y eléctrico; los objetos de metal enterrados previamente, y con el procesamiento de datos obtenidos en campo realizar modelos del área. Como resultado se obtuvieron dos anomalías magnéticas y dos bajos resistivos indicando la presencia de los objetos utilizados para dicha calibración. La correlación de los métodos resultó eficiente, ya que las anomalías fueron ubicadas en la misma posición respecto a los perfiles. Con estos resultados se determina que el equipo geofísico funciona correctamente siempre y cuando se maneje de forma adecuada.

EG-51 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DEL PRE-AMPLIFICADOR MTH-4 Y DE LAS BOBINAS MTC-4SS Y MTC-6SS DE GEOTRONICS, PARA EL USO EN SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS

Brassea Ochoa Jesus Maria, Castillo Guerrero Cruz Enrique y Echeagaray Collantes Gabriel
Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, CICESE
 jbrassea@cicese.mx

Con el propósito conocer más a detalle el funcionamiento de los sensores magnéticos (bobinas de inducción) usados actualmente en los sistemas de registro de señales magnetotéluricas y continuando con la idea de actualización de equipos de exploración geofísica, hemos estado trabajando en el diseño, la construcción y actualización del preamplificador MTH-4 y de las bobinas MTC-4SS y MTC-6SS de Geotronics. Estas bobinas y preamplificadores fueron usados hasta fines de los 80's en los estudios magnetotéluricos realizados por el departamento de geofísica aplicada del CICESE, pero fueron sustituidas por las bobinas BF4 de EMI, que tienen ventajas por integrar el preamplificador en el cuerpo de la bobina, bajo consumo de energía, buena sensibilidad, respuesta plana en una banda amplia de frecuencias y ser más ligeras en peso. El departamento de Geofísica Aplicada del CICESE, cuenta con 4 bobinas MTC-4SS y 2 bobinas MTC-6SS, un total de 6 bobinas que queremos darle uso en 3 de los equipos MTRC-I (Magnetotéluricos de Registro Continuo) que hemos diseñado y construido como parte del proyecto CEMIEGEO P04: Monitoreo espacio-temporal de variables geofísicas en campos geotérmicos. El inconveniente del tamaño y del peso: 189 cm, 38.6 Kg y 95.5 cm, 18.6 kg de las bobinas MTC-4SS y MTC-6SS respectivamente, es mínimo en las estaciones de registro continuo, pues solo hay que movilizarlas al inicio en la instalación y al final al retirar el equipo después de semanas o meses.

EG-52 CARTEL

HV-INV: UNA HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DIRECTO E INVERSO DEL COCIENTE ESPECTRAL H/V BAJO LA TEORÍA DE CAMPOS DIFUSOS

Piña-Flores José¹, García-Jerez Antonio² y Sánchez-Sesma Francisco José³

¹Posgrado de Ingeniería, UNAM

²Universidad de Almería, España

³Instituto de Ingeniería, UNAM

ead2009@hotmail.com

Recientemente se ha establecido una relación entre el cociente espectral H/V de ruido sísmico ambiental (HVSRN) y la Función de Green a partir de los fundamentos de la interferometría de ruido sísmico ambiental. Dentro de este marco, hemos desarrollado y probado HV-Inv. El cual, es un programa de cómputo de interfase gráfica para el cálculo directo e inverso del HVSRN bajo la teoría de campos difusos. El método del problema directo requiere el cálculo numérico de la parte imaginaria de la Función de Green en el dominio de la frecuencia cuando fuente y receptor coinciden. El algoritmo empleado realiza integrales de contorno en el plano complejo del número de onda y el cálculo de las contribuciones de las ondas Rayleigh, Love, P-SV y SH. Para el método inverso, HV-Inv se ha combinado con métodos de inversión globales y locales soportando la inversión simultánea de curvas de dispersión y del HVSRN para proporcionar una herramienta eficaz para la exploración sísmica pasiva. Mostramos un ejemplo de aplicación a la exploración pasiva en la zona de Almería, España (SE de España).

EG-53 CARTEL

INSPECCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EDIFICIOS DE PATRIMONIO CULTURAL UTILIZANDO TÉCNICAS ULTRASÓNICAS

Flores Ruiz Claudia Mariana, Sánchez Ramírez Abraham Roberto y Rodríguez Miguel
Instituto de Ingeniería
 cfloresr@iingen.unam.mx

El estudio trata sobre la evaluación del estado de conservación de árboles y elementos estructurales de templos y edificios que forman parte del patrimonio

cultural del país. Después de la inspección visual realizada tanto en secciones aparentemente sanas como en tramos dañados de árboles dentro del campus universitario y de vigas de los sistemas de entepiso y azotea de la Academia de San Carlos, se seleccionaron algunos de ellos para realizar la exploración de su interior con técnicas no destructivas aplicadas en el lugar. Se utilizó la tomografía ultrasónica para verificar la integridad de los elementos de madera, mediante el uso de dos sensores: uno que actuó como emisor de pulsos ultrasónicos de 54 KHz que ilumina el interior del material que se ensaya y el otro que actúa como receptor. Para cada par de sensores instalados y con base en los registros obtenidos se calcula el tiempo de viaje correspondiente. El diseño del ensayo lo guió el interés de tener un número importante de trayectos dentro del material para calcular la velocidad de propagación y reconstruir imágenes 2D del interior del elemento de madera. Para lograr lo anterior se desarrolló un programa de computo escrito en MATLAB que implanta la técnica tomográfica y hace la inversión mediante mínimos cuadrados amortiguados suavizados. El coeficiente de amortiguamiento fue 0.1 en la mayoría de los casos y un valor de dos para el coeficiente de suavizado. Se presentan imágenes de la sección de los elementos de madera estudiados en términos de las velocidades de propagación estimadas y de los módulos elásticos calculados.

EG-54 CARTEL

NIVELES DE VIBRACIÓN INDUCIDOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 3 DEL TREN LIGERO DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

Huerta Hernández Alejandra¹, Rojas H. Rodrigo², Ovando Efraín² y Rodríguez Miguel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Ingeniería
ale.huhe@gmail.com

Este trabajo presenta estimaciones de niveles de vibración inducidos por las actividades de construcción de la línea 3 del tren ligero de la ciudad de Guadalajara, en el templo de San Francisco de Asís, la Catedral de Guadalajara y el templo de Nuestra Señora de Guadalupe. Se hicieron mediciones de vibración en dos casos: En el templo de San Francisco durante el paso de la tuneladora y en los otros dos durante la perforación de oquedades que contienen las pilas de contención. Para lograr lo anterior se utilizaron sensores de aceleración y velocidad (período intermedio) instalados cerca y sobre las estructuras de interés. Las mediciones se realizaron antes durante y después de la operación de la fuente de vibración. En cada caso se tomaron registros con al menos 4 horas de duración. Utilizando los registros obtenidos se estimaron las velocidades de partícula pico, mediante el cálculo de los valores RMS de las densidades de potencia promedio en anchos de banda de 1/3 de octava. Los resultados en los tres casos son velocidades de partícula máximas de 0.2 mm/s entre 1 y 50 Hz. Las velocidades de partícula pico estimadas quedan por debajo de los valores norma DIN 4150-3 para edificios históricos.

EG-55 CARTEL

MEDICIONES DE GRAVEDAD ABSOLUTA APLICADAS AL ESTUDIO DE HUNDIMIENTOS DE SUELO: CASO CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUERÉTARO

H. Díaz de León S. Abraham¹, Arzate Flores Jorge Arturo¹, Esparza Alfredo² y G. Espíndola J. Carlos¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CENAM
abrahamhddl@gmail.com

Entre los riesgos geológicos que afectan los centros urbanos se encuentran los hundimientos y agrietamientos de suelo como respuesta a la extracción de agua del subsuelo y a la subsecuente compactación de los acuíferos que la contienen. Durante el periodo de compactación del acuífero ocurren desplazamientos diferenciales del terreno debido a las propias irregularidades del basamento rocoso cuya topografía subterránea modela la aparición y peligrosidad de los agrietamientos que terminan dañando la infraestructura urbana. La utilización de gravimetría de exploración detallada para modelar el basamento de cuencas sedimentarias en zonas urbanizadas ha sido una práctica muy efectiva que permite el desarrollo de modelos de predicción espacial de agrietamientos aprovechando los contrastes de densidad asociados a los contrastes litológicos laterales y a profundidad entre dos tipos de rocas: volcánicas (impermeables y no-compresibles) y sedimentarias (granulares, compresibles), constituyendo estas últimas los reservorios acuíferos de los que se extraen los recursos hídricos para la demanda urbana. La zona urbana de la ciudad de Querétaro se ubica sobre la cuenca sedimentaria que definen las falla Central y la falla 5 de Febrero, ambas pertenecientes al sistema de fallas regional Taxco-SM Allende, cuya orientación es NS. Amplias zonas a lo largo de las trazas de las fallas (y sus perpendiculares), presentan hundimientos y agrietamientos que dañan la infraestructura y en particular, los hundimientos diferenciales y los humedales que se generan en las zonas de fractura en el Centro Histórico de la ciudad han dañado seriamente algunos de los edificios históricos de la ciudad. El presente trabajo es parte de un proyecto financiado por el IMPLAN-QRO cuyo objetivo es aportar información que permita la reconstrucción, el mantenimiento y la prevención de daños a los edificios históricos y a infraestructura civil a través de la zonificación de zonas de riesgo basada en una red de más de 3 mil estaciones gravimétricas, un número similar de vértices topográficos obtenidos con GPSs de

precisión, y una red local de estaciones gravimétricas de primer orden usadas como referencia cuantitativa de hundimientos de suelo. En este trabajo, se presentan los resultados de las mediciones de gravedad absoluta, cuya precisión alcanza valores de 10-9 m/s², en la red de 3 estaciones de primer orden establecida en el Centro Histórico, comparados con los valores en las estaciones de referencia del laboratorio de micro-gravimetría del CENAM (CEN1) así como la referencia del Lab. de Geofísica del CGEO (CGE1). Los valores corregidos en las tres estaciones testigo de la red, denominadas SRV, LSC y AEF, ubicadas dentro de edificios históricos, fueron contrastados con los valores de referencia para evaluar los hundimientos en un periodo de 6 meses. Previamente se midió el gradiente gravimétrico en cada una de las estaciones de primer orden, y posteriormente los valores de g corregidos fueron transferidos al exterior de los edificios para hacerlos accesibles a los usuarios. Los detalles de los procedimientos de corrección de datos, medición de gradientes y translación de valores de g absoluta se detallan en el presente trabajo.

EG-56 CARTEL

MÉTODOS GEOFÍSICOS APLICADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE FALLAS ACTIVAS EN CAMPOS GEOTÉRMICOS: CASO LOS AZUFRES (MICH.) Y ACOCULCO (PUE.)

Aray Castellano Jelime¹, Garduño Monroy Víctor Hugo², Ávila García Jesús³, Lázaro Mancilla Octavio⁴, Campos Enríquez José Oscar⁵ y Gutiérrez Carmona Dulce María E.⁵

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia-UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH

³Instituto de Geofísica-UNAM

⁴Instituto de Ingeniería- UABC

⁵Proyecto Gemex
jelimearay@gmail.com

El estudio de fallas activas en zonas geotérmicas es, sin duda, una herramienta útil en la estimación de las probabilidades de correcta circulación de fluidos hidrotermales y del conocimiento de la peligrosidad sísmica en infraestructuras importantes ubicadas en estas zonas, las cuales se disponen para la generación de electricidad. El campo geotérmico de Los Azufres (CGLA) y la caldera de Acoculco se localizan dentro de la provincia fisiográfica del cinturón volcánico Transmexicano (CVTM). En esta investigación se realiza la evaluación del peligro sísmico en las zonas geotérmicas de Los Azufres, Michoacán, y de Acoculco, Puebla, a partir de una integración de métodos geofísicos que permitan entender la geometría de las fallas en el subsuelo, así como de los sedimentos donde se generan o generarán procesos de subsidencia, y de esta manera, establecer la relación entre la ocurrencia de asentamientos diferenciales del terreno y la presencia de fallas estructurales óptimamente orientadas al campo tectónico regional. Se presentan los resultados de las mediciones hasta ahora realizadas en el campo Geotérmico de Los Azufres y las estimaciones de posibles fallas activas en Acoculco tomando en cuenta el contexto tectónico regional. En Los Azufres se han aplicado tres técnicas principales: georadar, sísmica de refracción y magnetometría en la zona de la falla de Agua Fría, la cual es una de las estructuras geológicas de mayor relevancia en el campo geotérmico, en donde sobre su bloque de techo se ha construido la central geotérmica más importante de dicho campo y también se ubica la infraestructura de gestión de la misma. Para la zona de Acoculco, se ha realizado una cartografía de las estructuras principales, potenciales a tener actividad sísmica, y posteriormente, se prevé la realización de estudios geofísicos tomando en cuenta los resultados y experiencias de Los Azufres. Se adquirieron datos de sísmica de refracción sobre 6 perfiles y datos de georadar (empleando antenas de frecuencias de 100 y 250 MHz) sobre 18 perfiles, todos dispuestos con orientación perpendicular a la ubicación estimada de las fallas identificadas por estudios geológicos previos. En los resultados obtenidos con georadar se identifica una deformación hasta los primeros 4 metros de profundidad bajo los perfiles de la zona central de estudio, que coincide con la respuesta preliminar obtenida por la magnetometría, indicando la presencia de una zona de deformación, que corrobora lo evidenciado en estudios paleosismológicos previos de la zona. Por su parte, los perfiles sísmicos mostraron una buena relación señal-ruido y se identificaron al menos dos litologías diferentes mediante un cambio importante de velocidad de ondas P. Para estos ensayos se probó una fuente sísmica de caída libre de peso diseñada por el grupo de trabajo de la UMSNH y se realizó una comparación de señales y alcance de la onda sísmica inducida con fuente por golpe de mandarina (marro).

EG-57 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIÓN HIDROTÉRMICA MEDIANTE EL USO DE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MOLOTE, NAYARIT

Vargas Taracena Abel¹ y Elizalde Guerrero José Daniel²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

²UNAM
abelvargas96@hotmail.com

El Molote se localiza en la parte sureste del estado de Nayarit en el extremo occidental de la Faja Volcánica Mexicana (FVM). La FVM es una zona caracterizada por una alta actividad tectonovolcánica, por ello, es una región atractiva para la exploración geotérmica. El propósito de este trabajo es encontrar zonas con

potencial geotérmico en el Molote utilizando técnicas de Percepción Remota con imágenes ASTER. La PR es la ciencia de adquirir información sobre la superficie terrestre sin estar en contacto con ella, este método de exploración permite delimitar zonas con estructuras geológicas y/o presencia de minerales de alteración hidrotermal, los cuales pueden llegar a ser indicativos de la presencia de sistemas geotérmicos. Para la identificación espectral de dos grupos mineralógicos, se aplicó cociente de bandas, composición en falso color y Análisis de Componentes Principales. Además, se realizó realce espacial para la identificación de lineamientos porque pueden relacionarse con la salida de recursos geotérmicos. Como resultados del procesamiento de la imagen ASTER se encontraron cuatro zonas donde existe tanto alteración hidrotermal como lineamientos. En conclusión El Molote representa una zona de interés para exploración geotérmica porque se encontró que la alteración hidrotermal coincide espacialmente con lineamientos, manantiales, fallas y volcanismo.

EG-58 CARTEL

INVERSIÓN DE DATOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 3D CON PSO

Cruz Shamara¹, Tejero Andrés², Flores Márquez Elsa Leticia³ y Chávez René³¹UNAM²Facultad de Ingeniería³Instituto de Geofísica

samara92_312@comunidad.unam.mx

Se presenta un algoritmo de Particle Swarm Optimization (PSO) para invertir datos de resistividad eléctrica 3D adquiridos con arreglos no convencionales en Tomografía de Resistividad Eléctrica 3D (ERT 3D) y comparar los modelos resultantes con aquellos obtenidos usando un método tradicional de inversión como Mínimos Cuadrados (MC). Se utilizan datos sintéticos calculados con el método de las imágenes. El modelo directo consiste en una esfera conductora enterrada en un medio homogéneo. El proceso de inversión se basa en el comportamiento de un enjambre para encontrar un objetivo, por lo que se compone de una parte cognitiva y una parte social que le permite encontrar la posición más cercana al objetivo. En el caso de inversión de datos, la mejor posición corresponde a la solución con mejor ajuste los datos observados. El algoritmo se compone de 3 etapas, el cálculo de datos sintéticos, el cálculo de la función objetivo y el ajuste del modelo. El mejor modelo obtenido con PSO se compara con el mejor obtenido con MC y se analizan las características de cada uno.

EG-59 CARTEL

INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS DEL MÉTODO GRAVIMÉTRICO Y EL TRAZADO DE RAYOS SÍSMICOS EMPLEANDO TÉCNICAS HEURÍSTICAS

Rendón González Jesús Rolando, Hernández López José Carlos y Soto Villalobos Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
jesus.rendongnz@uanl.edu.mx

En este proyecto se integrarán los datos de dos diferentes metodologías geofísicas: el método gravimétrico y el trazado de rayos sísmicos, para posteriormente realizar una inversión. Los datos gravimétricos fueron generados mediante un modelo directo de una cuenca sedimentaria y los del trazado de rayos fueron obtenidos calculando los tiempos de arribo de las ondas sísmicas que viajan en un medio homogéneo e isotrópico que al llegar a la interface ocurrirá una reflexión y finalmente llegará a un receptor. Los resultados se obtendrán mediante técnicas evolutivas empleando el lenguaje de programación R (software libre r-project.org). Los algoritmos evolutivos consisten en generar un individuo y evaluar que tan bueno es, al crear una gran diversidad de individuos se obtendrá una población inicial, después se mutará aleatoriamente a cada individuo y se evaluará de nuevo, para finalmente seleccionar a los mejores individuos entre la población inicial y la población mutada, este proceso se repite las veces que sea necesario hasta obtener los resultados esperados.

EG-60 CARTEL

INVERSIÓN CONJUNTA COMO HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE DATOS GEOFÍSICOS

Vargas Eliana¹, Esparza Francisco² y Pérez Flores Marco Antonio²¹Centro de Investigación Científica y de Educación superior de Ensenada, CICESE²CICESE

eliana@cicese.edu.mx

La inversión conjunta de diferentes datos obtenidos de los métodos geoelectrónicos disminuirá la ambigüedad presente en cada uno de manera individual, en este trabajo se plantea la inversión conjunta de datos obtenidos de Sondeos Electromagnéticos a Bajos Números de Inducción, resistividad y PI. El propósito de este proyecto es trabajar con esquemas de inversión conjunta y secuencial haciendo un análisis de las matrices de sensibilidad, evaluación de la influencia de parámetros y escalamiento de las magnitudes del problema inverso separado, para después introducir el algoritmo de la inversión conjunta. Lo primero que se realizará es la combinación adecuada de los datos de conductividades y resistividades para que

ambos influyan en mejorar el modelo, el siguiente paso será invertir PI a partir del modelo obtenido.

EG-61 CARTEL

CALCULO DE LA INDUCTANCIA MUTUA

Esparza Francisco¹ y Méndez Delgado Sóstenes²¹CICESE²UANL-Facultad de Ciencias de la Tierra

fesparz@cicese.mx

La inductancia mutua de dos bobinas coplanares es necesaria para calcular la susceptibilidad aparente considerando un arreglo de bobina vertical, ver por ejemplo Esparza et al. (2014). Sin embargo, si llamamos p a la separación entre las bobinas y R a su radio, la inductancia mutua resulta estar en términos de p mayor que $2R$ o p menor de $2R$. Siguiendo a Conway (2007) la inductancia mutua para p menor que $2R$ queda en términos de funciones de Legendre, en este trabajo consideramos una expresión en términos de Integrales Elípticas.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizadores:

Juan Américo González Esparza

Julio César Mejía Ambriz

Víctor de la Luz

FE-1

INTERACCIÓN ONDA-PARTÍCULA EN LOS CINTURONES DE RADIACIÓN

Gómez Flores Octavio¹, Vázquez Rodríguez Oscar²,
Vázquez Báez Víctor Manuel¹ y Sallago Patricia³

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería

²Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

³Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
octavio.gomez@alumno.buap.mx

La interacción onda-partícula es uno de los tantos procesos que se dan en los cinturones de radiación que rodean al planeta, en estos procesos se da un intercambio de energía entre ondas con partículas cargadas, lo cual desencadena una serie de fenómenos como: Precipitación de partículas cargadas (Origen de Auroras Boreales), Ondas de Coro (Origen de Auroras Pulsantes), Transporte de energía dentro de la Magnetósfera, ya sea por interacción de ondas "Whistlers" con electrones o de ondas Alfvén con iones, e inclusive por la predominancia de algunas de las ondas anteriormente mencionadas; entre otras variedades de procesos que desconocemos. Con la puesta en marcha de varias misiones espaciales con el fin de conocer la dinámica presente en dicha zona, es necesario proponer modelos acerca de los procesos que desencadenan los diversos fenómenos que podemos observar y estudiar. El modelo para describir la interacción onda-partícula se obtiene a partir de una aproximación de plasma frío, haciendo uso de las ecuaciones MHD y una pequeña aportación de teoría cinética. Además de comparar el modelo con datos obtenidos por las sondas RSBP del programa Van Allen Probes de la NASA.

FE-2

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE EVENTOS TRANSITORIOS LUMINOSOS

Alcántara Méndez Xavier Kevin¹, Ruiz Hernández Oliver Isac²,
Martínez Bravo Oscar Mario² y Vázquez Báez Víctor Manuel¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
xavier.alcantara@alumno.buap.mx

La Atmósfera Terrestre es un sistema complejo que da lugar a una amplia gama de fenómenos luminosos algunos de ellos poco conocidos, llamados Eventos Transitorios Luminosos. Dada su corta duración, menor a decimas de segundos y por su gran intensidad y extensión de hasta cientos de kilómetros, su detección implica instrumentación de capacidades muy específicas. En este trabajo se presentan la distribución geográfica, intensidad y duración de eventos registrados en el primer semestre de 2017 por el instrumento TUS (Tracking Ultraviolet Setup por sus siglas en inglés), el cual forma parte de la carga científica del satélite M. Lomonosov.

FE-3

MÉTODO ESTADÍSTICO PARA CARACTERIZAR LA GEOMETRÍA GENERAL DE LOS CHOQUES INTERPLANETARIOS Y SU RELACIÓN CON EMCIS A 1UA

Pérez Alanis Carlos Arturo¹, Nieves-Chinchilla Teresa² y Aguilar Rodríguez Ernesto³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²CUAGSFC

³Instituto de Geofísica, UNAM
cperez.art@gmail.com

Las Eyecciones de masa coronal (EMCs) son eventos transitorios que ocurren en el Sol, el cual arrojan grandes cantidades de plasma y campo magnético hacia el medio interplanetario. Frecuentemente las EMCs vienen acompañadas en conjunto con choques interplanetarios. Sin embargo, las observaciones in-situ no nos ofrecen información directa acerca de la morfología de estos eventos a su paso a través del medio interplanetario. La finalidad de este trabajo es estudiar y caracterizar la "forma" promedio de las EMCs-choques a través de un estudio estadístico de las orientaciones de los choques. Asumiendo que los choques son uniformemente esféricos y simétricos, y haciendo uso de observaciones de EMCs y choques interplanetarios observados por WIND, STEREO y MESSENGER. Comparamos las distribuciones de la normal de los choques con distribuciones de probabilidad derivadas de un modelo analítico. Adicionalmente, a través de este modelo, derivamos la "forma" general de la estructura de los choques. Finalmente, investigamos como es la variación, tanto longitudinal y radial de estas estructuras a distintas distancias heliocéntricas.

FE-4

ORIGEN Y EFICIENCIA DE LAS SIRS REPORTADAS EN EL LANCE

Sánchez-García Elsa¹, Aguilar Rodríguez Ernesto²,
González Esparza Juan Américo² y Corona-Romero Pedro²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra/UNAM

²Instituto de Geofísica/UNAM, LANCE/UNAM
elsasg@igeofisica.unam.mx

Una región de interacción de corriente (SIR) es producida por la compresión y la deflexión de los vientos solares que interactúan cuando una corriente rápida alcanza a una corriente lenta frontal. La región fuente del viento solar rápido son los hoyos coronales. Durante la interacción SIRS-magnetosfera se pueden generar las tormentas geomagnéticas. En este estudio analizamos la geoeffectividad generada por la interacción SIRS-magnetosfera que se reportaron en el LANCE (Laboratorio Nacional de Clima Espacial) a partir de Noviembre de 2017 a la fecha. El grado de geoeffectividad se cuantifica usando diferentes índices geomagnéticos globales (Kp (estimated global index) y Dst (Disturbance storm time)) y locales (Kmex y Dst-mex). En adición, analizamos las regiones fuente del viento solar rápido usando mapas sinópticos.

FE-5

ESTRUCTURAS TRANSITORIAS EN EL ANTECHOQUE Y SU IMPACTO EN EL CHOQUE DE PROA TERRESTRE

Blanco Cano Xochitl y Kajdic Primoz
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
xbc@geofisica.unam.mx

En este trabajo utilizamos datos de las misiones Cluster, Themis y MMS para estudiar estructuras transitorias en el antechoque terrestre. El estudio está enfocado a cavitones y anomalías de flujo caliente espontáneas. Estudiamos las propiedades de estas estructuras transitorias, así como que tanto modifican al viento solar y eventualmente al choque de proa terrestre y a la magnetofunda. El uso de datos de la misión Cluster en configuración radial con separaciones pequeñas nos permite estudiar la morfología 3D de los cavitones y entender más sobre su evolución, así como su interacción con otras estructuras como ondas de frecuencia ultra baja, shocklets y SLAMS. Los datos de Themis y MMS nos permiten estudiar a las funciones de distribución de los iones y procesos de termalización.

FE-6

II. ANALYSIS OF 3D PLASMA MOTIONS IN A CHROMOSPHERIC JET FORMED DUE TO MAGNETIC RECONNECTION

González José Juan¹, Guzmán Francisco², Fedun Viktor³, Verth Gary⁴, Sharma Rahul⁴, Shelyag Sergiy² y Regnier Stephane²

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Instituto de Física y Matemáticas, UMSNH

³Department of Automatic Control and Systems Engineering, University of Sheffield, UK

⁴School of Mathematics and Statistics, University of Sheffield, UK

⁵Department of Mathematics, Physics and Electrical Engineering, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK
jgonzalez@igeofisica.unam.mx

Within the framework of resistive MHD, implementing the C7 equilibrium atmosphere model and a 3D potential magnetic field realistic configuration, we simulate the formation of a plasma jet with the morphology, upward velocity up to 130 km/s and timescale formation between 60 and 90 s after beginning of simulation, similar to those expected for Type II spicules. Initial results of this simulation were published in Paper I (González-Avilés et al., 2018, ApJ, 856,176) and present paper is devoted to the analysis of transverse displacements and rotational type motion of the jet. Our results suggest that 3D magnetic reconnection may be responsible for the formation of the jet in Paper I. In this paper, by calculating times series of the velocity components vx and vy in different points near to the jet for various heights we find transverse oscillations in agreement with spicule observations. We also obtain a time-distance plot of the temperature in a cross-cut at the plane x=0.1 Mm and find significant transverse displacements of the jet. By analyzing temperature isosurfaces of 10⁴ K with the distribution of vx, we find that if the line-of-sight (LOS) is approximately perpendicular to the jet axis then there is both motion towards and away from the observer across the width of the jet. This red-blue shift pattern of the jet is caused by rotational motion, initially clockwise and anti-clockwise afterwards, which could be interpreted as torsional motion. From a nearly vertical perspective of the jet the LOS velocity component shows a central blue-shift region surrounded by red-shifted plasma.

FE-7 PLÁTICA INVITADA

MHD MODELING OF THE SOLAR CORONA FOR THE PARKER SOLAR PROBE FIRST PERIHELION ENCOUNTER

Riley Pete, Linker Jon, Mikik Zoran, Downs Cooper, Lionello Roberto y Caplan Ronald
Predictive Science Inc.
 pete@predsci.com

NASA's Parker Solar Probe (PSP) spacecraft is expected to approach its first perihelion of 35.7 solar radii in early November, 2018. In anticipation of the unprecedented datasets to be returned by the science instruments onboard, we present an initial three-dimensional magnetohydrodynamic (MHD) model of the extended solar atmosphere, with conditions likely to have existed during this time interval. Our model, which solves the standard set of time-dependent, resistive MHD equations, incorporates a wave-turbulence-driven (WTD) model for coronal heating and acceleration of the solar wind. We compare the simulation results with a wide range of current remote solar observations and in-situ measurements to assess how well the large-scale structure of the corona and inner heliosphere are captured by the simulations. For PSP in particular, however, these results can then be used to assist in the calibration and interpretation of these nascent datasets, and provide a global context for interpreting the localized PSP measurements. More specifically, we use these simulations to predict what type of solar wind PSP encountered, and when, what the underlying magnetic structure was, and how complexities in the orbital trajectory can be interpreted within a global, inertial frame. Ultimately, we believe, the measurements returned by PSP can be used to constrain current theories for heating the solar corona and accelerating the solar wind, and, in so doing, improve the accuracy of the models.

FE-8

LOS EVENTOS DE RAYOS GAMMA SOLARES DE SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2014 Y SU POSIBLE IMPACTO SOBRE LA IONOSFERA TERRESTRE

Pérez Enríquez Roman¹, López-Montes Rebeca², Carrillo Vargas Armando³, López Urias Charbeth⁴ y Hernández Díaz Cinthia⁴
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE
³Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM
⁴Posgrado en Ciencias de la Información, Universidad Autónoma de Sinaloa
⁵Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro
 roman@geociencias.unam.mx

De acuerdo con el catálogo de eventos del satélite RHESSI, durante los meses de septiembre y octubre de 2014 el Sol pasó por un periodo de actividad sumamente anómalo con la ocurrencia de un total de 224 ráfagas con energías superiores a los 800 keV. Sin embargo, el catálogo eyecciones coronales del telescopio LASCO a bordo del satélite SOHO no mostró la presencia de eventos importantes. En este trabajo se lleva a cabo un análisis de la actividad solar centrada en dicho periodo, en términos de radiación electromagnética, plasma y partículas energéticas, así como de su contraparte en la ionosfera terrestre. Esto último a través del cálculo del contenido de electrones en la ionosfera, a partir de datos de GPS de estaciones mexicanas, con el fin de determinar si hubo o no un impacto de dichos eventos sobre la ionosfera de la Tierra.

FE-9

EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL, HURACANES Y TERREMOTOS EN MÉXICO EN SEPTIEMBRE DE 2017

González Esparza Juan Américo¹, Sergeeva Maria², Corona-Romero Pedro², Mejía Ambríz Julio César², González Luis Xavier², De la Luz Víctor², Rodríguez Martínez Mario³ y Romero Hernández Esmeralda⁴
¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM
²Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM
⁴Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL
 americano@igeofisica.unam.mx

En septiembre del 2017 el Sol presentó actividad importante proveniente de la región activa 2673. En el intervalo del 4 al 10 de septiembre se produjeron 27 fulguraciones tipo M y 4 fulguraciones tipo X. Estas eventos estuvieron acompañados por eyecciones de masa coronal, estallidos de radio y eventos de partículas energéticas solares que afectaron el entorno de la Tierra. Una de estas fulguraciones alcanzo el nivel X9.3, siendo la más intensa de todo el ciclo solar 24. La red de instrumentos asociada al Laboratorio Nacional de Clima Espacial obtuvo mediciones de estos eventos y sus efectos regionales sobre el territorio nacional, las observaciones incluyen: tránsitos solares captados por el radiotelescopio MEXART, estallidos de radio por la estación CALLISTO-MEXART, perturbaciones magnéticas por el Observatorio de Teoloyucan, flujos de rayos cósmicos por el Observatorio de la Ciudad de México, y perturbaciones ionosféricas utilizando datos de receptores GPS. Coincidentemente con los eventos de clima espacial referidos arriba, ocurrieron también otros dos tipos de fenómenos naturales que afectaron al país en ese momento, el huracán Katia de categoría 2 en el Golfo

de México y dos terremotos (7 y 19 de septiembre de 2018). La conjunción de estos fenómenos naturales estuvo cerca de crear un "peor escenario" en términos de reacción de protección civil.

FE-10

OBSERVACIÓN DE LA IONOSFERA MEXICANA DIVIDIDA EN REGIONES DE FASE POSITIVA Y NEGATIVA DURANTE LAS TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS DE SEPTIEMBRE DE 2017

López-Montes Rebeca¹, Romo Jones José Manuel¹, González-Ortega Javier Alejandro², Pérez Enríquez Roman³ y Carrillo Vargas Armando³
¹Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE
²Departamento de Sismología, CICESE
³Centro de Geociencias, UNAM
⁴Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM
 rebecamont@gmail.com

A pesar de que nos encontramos dentro del mínimo de actividad del ciclo solar 24, el mes de septiembre de 2017 presento una importante actividad explosiva que incluye diversas ráfagas, eyecciones de masa coronal (EMCs) y eventos de partículas energéticas, llegando algunos a afectar el entorno terrestre. Los días 4 y 6 de septiembre, surgieron del Sol, dos EMCs tipo Halo en dirección a la Tierra, las cuales arribaron con solo unas horas de desfase, entre el 7 y 8 de septiembre, produciendo dos tormentas geomagnéticas de clase G3 y G4, respectivamente. En este trabajo, se realizó un análisis del comportamiento de la ionosfera mexicana durante la ocurrencia de estas tormentas por medio de datos GPS, índice Dst y magnéticos del observatorio de Teoloyucan y se encontró que durante este periodo de tiempo, se crearon en la ionosfera dos zonas con grados de ionización muy diferente; en el norte de México, se observó una clara disminución en la concentración electrónica (fase negativa) y en el centro y sur del país, un incremento en el grado de ionización (fase positiva).

FE-11

IMPACTO DEL CLIMA ESPACIAL EN LA RED DE ALTA TENSIÓN DE MÉXICO

Caraballo Ramón¹, González Esparza Juan Américo² y Ramírez Pacheco Carlos³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM
²Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Gerencia de Ingeniería Especializada, Comisión Federal de Electricidad
 jolinar35@gmail.com

El creciente interés sobre los efectos del clima espacial sobre la infraestructura tecnológica instalada en la superficie terrestre, ha captado la atención de la comunidad internacional y en especial en Latinoamérica. Consecuentemente, El Servicio de Clima Espacial (SCIESMEX) del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), ha iniciado un proyecto de investigación de corrientes geomagnéticas inducidas (GIC, por sus siglas en inglés) en la red de alta tensión del Sistema Eléctrico Nacional de México en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad. A medida que avanza la interconexión entre diversas redes nacionales para conformar redes eléctricas de dimensiones continentales, los efectos del clima espacial se tornan más importantes e impredecibles. Las GICs, son la manifestación del clima espacial en la superficie terrestre. Perturbaciones de gran escala en el viento solar, como el impacto de eyecciones de masa coronal contra la magnetosfera terrestre o el paso de una región de interacción entre corrientes, pueden generar perturbaciones en el campo geomagnético, las cuales dan lugar a fenómenos de inducción electromagnética en sistemas de conductores conectados a tierra. Tradicionalmente este fenómeno fué considerado propio de las regiones aurorales. Sin embargo, en estos últimos 25 años ha crecido considerablemente el número de observaciones en regiones del mundo previamente consideradas a salvo de este fenómeno, particularmente en latitudes geomagnéticas medias y bajas como en Brasil, Sudáfrica, Nueva Zelanda, etc. El presente estudio se enfoca en presentar el proyecto y mostrar una estimación inicial de las intensidades de GIC esperables y el grado de afectación en un segmento de la eléctrica de 400kV de México para el escenario de una tormenta geomagnética intensa. México por su ubicación geográfica está localizado a baja latitud geomagnética y mantiene innumerables puntos de interconexión con la red eléctrica de los Estados Unidos, donde este fenómeno es muy relevante y está siendo activamente investigado. Para la concreción del proyecto se prevé la instalación de sensores de GIC en puntos estratégicos de la red eléctrica nacional y la elaboración de modelos numéricos que nos permitan realizar pronósticos de intensidades de GIC y establecer medidas de mitigación. Estos modelos numéricos serán retroalimentados con los datos medidos por los sensores de forma de afinar su precisión.

FE-12

A METHODOLOGY FOR SIMULTANEOUS DETERMINATION OF ZONAL AND MERIDIONAL DRIFTS OF PLASMA BUBBLES OBSERVED BY ALL-SKY IMAGERS

De Meneses Francisco¹, Fornari Gabriel², De la Luz Víctor³,
Romero Hernández Esmeralda¹ y Pérez-Tijerina Eduardo¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

²National Institute for Space Research (INPE)

³Conacyt SCIESMEX LANCE UNAM
fcarlosmj@gmail.com

Imaging of OI 630 nm airglow emission using all-sky CCD cameras deployed worldwide at middle and low latitudes often reveals structured depletions caused by ionospheric irregularities, such as medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) and equatorial plasma bubbles (EPB). The occurrence of EPB takes place during post sunset hours as a result of a perturbative process in the F-region base of the Equatorial ionosphere, subsequently evolving toward higher altitudes. Due to the conductivity along the geomagnetic field lines, the EPB are also mapped out to either sides of the magnetic equatorial plane reaching larger latitudes. Usually observed from a set of successive all-sky images, the spatial displacements of the depletions associated to EPB use to be monitored in order to investigate their dependence with solar cycle, longitude, and geomagnetic conditions, where the superposition of W-E cross-section scans of two consecutive images is the most commonly used method for determining the zonal drift velocity of a bubble. Although not very often, meridional displacements can also be perceived there, however the superposition method does not seem to be suitable for estimating drifts in such direction. We propose an alternative methodology that allows to obtain simultaneously zonal and meridional drift velocities of depletions using a fast algorithm for image registration.

FE-13

REGISTRO Y VALIDACIÓN DE ESTALLIDOS DE RADIO SOLARES EN EL LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL CON LOS RADIOTELESCOPIOS CALLISTO Y MEXART

Huipé Domratheva Elizandro¹, De la Luz Víctor², González Esparza Juan Américo²,
Andrade Mascote Ernesto², Villanueva Hernández Pablo², Mejía Ambríz Julio César²,
Aguilar Rodríguez Ernesto², Monstein Christian³ y Miranda Salcido Carlos Humberto⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, ENES Morelia

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán UNAM

³ETH Zurich

⁴Universidad Autónoma de Sinaloa
hdomeli@gmail.com

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) es el organismo que estudia el estado del Clima Espacial (CE) en México y se encarga de informar y alertar sobre los fenómenos derivados que pueden afectar territorio nacional. Los estallidos de radio solares son indicadores de dos de los eventos eruptivos que más interesan para el estudio de CE, las fulguraciones y las eyecciones de masa coronal. En este trabajo se presenta un método de registro y validación sistemática de estallidos de radio solares usando dos instrumentos del LANCE, el radioespectrógrafo Callisto y el radiotelescopio para centelleo interplanetario MEXART. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de detección de radio interferencias de origen solar usando los dos instrumentos, así como la validación de estos eventos como estallidos de radio solares comparando los registros del LANCE con datos de otros instrumentos de CE como otros radioespectrógrafos, coronógrafos y flujo de rayos X. Para esto fue necesario desarrollar la infraestructura computacional para el registro y análisis automático de los datos generados por los dos instrumentos. Adicionalmente se ha implementado una base de datos para el registro de estos eventos. Esta metodología ha permitido detectar y validar 104 eventos desde la implementación de Callisto en 2015, de estos, 40 han sido detectados por ambos instrumentos. Este método de registro constituye el primer esfuerzo concreto para desarrollar un sistema de alertas temprana ante radio interferencias provocadas por eventos de CE contextualizado en territorio mexicano.

FE-14 PLÁTICA INVITADA

EL PROGRAMA ESPACIAL UNIVERSITARIO DE LA UNAM: AVANCES Y PERSPECTIVAS

Valdés Galicia José Francisco
IGEF-UNAM
jvaldes@igeofisica.unam.mx

Por Acuerdo del Sr Rector, el 24 de julio de 2017 se creó el Programa Espacial Universitario (PEU), para coordinar e integrar los esfuerzos de la Comunidad Universitaria en la materia, promover el desarrollo de infraestructura pertinente, gestionar recursos concurrentes para apoyar las actividades científicas y tecnológicas universitaria afines a la cuestión espacial; pero también coadyuvar en la elaboración de políticas públicas para el crecimiento de los campos de conocimiento involucrados en la problemática espacial. Así, el PEU surge como una instancia de coordinación y gestión del quehacer universitario en materia espacial, tanto en el

ámbito de proyectos de investigación en Ciencia y Tecnología Espaciales (CTE), como en la generación de recursos humanos especializados. En su primer año de existencia el PEU realizó el concurso de Satélites Enlatados, CanSat2017-2018, en el que participaron más de 350 estudiantes de Educación Media y de Licenciatura. Se creó el Taller Satelital Mexicano en conjunto con el Centro de Desarrollo Aeroespacial del IPN, dentro del cual se desarrolla actualmente un cubesat para Percepción Remota. Se presentarán éstas y otras iniciativas pertinentes del PEU y se discutirán sus perspectivas dentro de las CTE y las Ciencias de la Tierra.

FE-15

LA OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES ELECTROMAGNÉTICAS EN UN ESPACIO 3D CON OBJETOS DESORDENADOS

Burlak Gennadiy y Karlovich Yuriy
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
gburlak@uaem.mx

G. Burlak gburlak@uaem.mx, Yu. Karlovich karlovich@uaem.mx, G. Medina gustavo.isc@hotmail.com, M. Atakichieva mesuma@uaem.mx Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas (IICBA), Universidad Autónoma del Estado de Morelos Estudiamos la conductividad electromagnética en un espacio tridimensional (3D) con nanotubos aleatorios incorporados. Una mayor longitud de los nanotubos incorporados va a generar mayor cantidad de intersecciones que inducen a un umbral de percolación bastante pequeño de la conductividad global en este espacio. Simulamos numéricamente el sistema incorporando cilindros aleatorios colocados en un espacio de percolación con el uso del método de Monte Carlo. La conductividad en un espacio está asociada con los fenómenos críticos, donde el parámetro de transición principal está definido por el valor del umbral de percolación. Investigamos el umbral mínimo de percolación y determinamos la forma funcional de la conductividad mediante la técnica de optimización global. Tal enfoque permite definir los detalles de la conductividad electromagnética en el espacio estructural a nivel significativo de las fluctuaciones de percolación.

FE-16

AJUSTE DE MODELOS CROMOSFÉRICOS SEMIEMPIRÍCOS A OBSERVACIONES DE ESTRELLAS DE TIPO ESPECTRAL G, K Y M EN LONGITUDES DE ONDA MILIMÉTRICAS Y SUBMILIMÉTRICAS

Tapia Vázquez Francisco¹, De la Luz Víctor² y Vlemmings Wouter³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, ENES, MORELIA

²Cátedras CONACYT, LANCE, UNAM

³Chalmers University of Technology, Onsala Space Observatory, Onsala, Sweden.
ftapia@igeofisica.unam.mx

El mecanismo de calentamiento cromosférico es un tema de interés dentro de la física estelar. Observaciones a longitudes de onda milimétricas y sub-milimétricas con radiotelescopios más precisos como ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) han permitido explorar nuevos procesos que ayudan a la dinámica de esta capa tan particular. En este trabajo hacemos uso del código Kinich Pakal, el cual nos permite ajustar un modelo cromosférico semiempírico resolviendo la ecuación de transferencia radiativa a través de una atmósfera con diferentes especies a las observaciones de estrellas de distintas clases espectrales.

FE-17

EMISIÓN SUB-MILIMÉTRICA DE LA RED CROMOSFERICA SOLAR

De la Luz Víctor¹ y Miranda Salcido Carlos Humberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Geofísica unidad Michoacán, IGUM UNAM

²Universidad Autónoma de Sinaloa
vdelaluz@igeofisica.unam.mx

En este trabajo mostramos los resultados de las simulaciones 3D de emisión submilimétrica de la red cromosférica solar utilizando el código PakalMPI. Los resultados muestran que existen regiones en el limbo solar donde la radiación corresponde directamente a la región de transición y que únicamente son observables si existen cambios de opacidad producidos por las características únicas de la red cromosférica.

FE-18

CAFE-PAKALMPI: A NEW MODEL TO STUDY THE SOLAR CHROMOSPHERE IN THE NLTE APPROXIMATION

González José Juan y De la Luz Víctor
Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
jjgonzalez@igeofisica.unam.mx

In this paper, we present a new numerical model called CAFE-PakalMPI with the capability to solve the equations of classical magnetohydrodynamic (MHD) and to obtain the multispecies whose ionization states are calculated through statistical equilibrium, using the approximation of non-local thermodynamic equilibrium (NLTE) in three dimensions with the multiprocessor environment. For this, we couple the Newtonian CAFE MHD code with PakalMPI. In this model, Newtonian CAFE solves the equations of ideal MHD under the effects of magnetic resistivity and heat transfer considering a fully ionized plasma. On the other hand, PakalMPI calculates the density of ionization states using the NLTE approximation for Hydrogen, electronic densities and H-, the other species are computed by classical local thermodynamic equilibrium (LTE) approximation. The main purpose of the model focuses on the analysis of solar phenomena within the chromosphere region. As an application, we study the stability of the C7 equilibrium atmospheric model.

FE-19

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DEL SOL EN H-ALPHA PARA ESTUDIO DE CLIMA ESPACIAL Y DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Fernández Aranza y Rodríguez Martínez Mario
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
arafer14@gmail.com

Desde hace mucho tiempo se sabe que el Sol es un cuerpo celeste donde se dan lugar gran cantidad de fenómenos físicos, tales como Eyecciones de Masa Coronal (EMC), fulguración, prominencias, etc. Comprender mejor los procesos que tienen lugar en el Sol es de importancia para comprender la física de nuestro sistema solar y ¿por qué no? La física del universo. Además, nuestro planeta es vulnerable a los eventos solares así que su estudio y monitoreo son actividades importantes para la vida cotidiana que, hoy en día, es tan dependiente de la tecnología. El presente trabajo muestra el estudio y monitoreo de dicha actividad solar mediante la práctica de la astrofotografía digital en el periodo de julio a octubre del 2017, que específicamente en la longitud de onda del H-Alpha (6562.8 Å), nos permite observar la atmósfera que se encuentra por arriba de la superficie solar (Fotosfera), es decir, nos permite adentrarnos en la atmósfera solar (Cromosfera baja) donde podemos observar muchas más estructuras que si viéramos sólo la Fotosfera. Las fotografías se obtienen mediante la captura de video típico de ~500 frames a una tasa de 30 frames por segundo, con el uso de una cámara que se adapta a un telescopio, en este caso un telescopio MEADE SolarMax II de 90mm junto con una cámara monocromática Celestron SkyRis 445M. Las imágenes se utilizan para estudiar la dinámica de las regiones activas en el disco solar diariamente a través de técnicas implementadas en el Laboratorio de Ciencias GeoEspaciales (LACIGE, www.lacige.unam.mx) y que sirven de apoyo en el monitoreo del Clima Espacial a través del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE, www.lance.unam.mx). Adicionalmente, las fotografías brindan una alternativa innovadora para la comunicación de la ciencia, en este caso de las ciencias espaciales y la física solar, así que también serán utilizadas con fines divulgativos a través de catálogos de las mismas en el website del LACIGE. Esto con la finalidad de mostrar que un mismo producto puede resultar valioso para la investigación formal así como también para la creación de productos de comunicación de la ciencia.

FE-20

LA ESCALA DEL PATRÓN DE DIFRACCIÓN DE ONDAS DE RADIO GENERADO POR CENTELLEO INTERPLANETARIO CAPTADO POR EL MEXART

Mejía Ambriz Julio César¹, Reyes Marín Pedro Alberto², Villanueva Hernández Pablo³, Andrade Mascote Ernesto³, González Esparza Juan Américo³ y Aguilar Rodríguez Ernesto³
¹SCIESMEX-LANCE-IGUM-UNAM
²FISMAT-UMSNH
³IGUM-UNAM
jcmejia@geofisica.unam.mx

El radiotelescopio MEXART, instrumento del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), opera a 140 MHz con la función principal de hacer mediciones de viento solar al captar Centelleo Interplanetario (CIP). El CIP se produce por un patrón de difracción proyectado en la Tierra, el cual se mueve a la par con el viento solar. En este trabajo estudiamos la evolución de la escala del patrón para distintas elongaciones solares hacia donde se encuentra la fuente de radio. Encontramos que dicha escala a 140 MHz va de aproximadamente 250 km para elongaciones cercanas al Sol y desciende a unos 150 km para elongaciones de casi 90 grados. Proponemos asociaciones entre estas escalas y la magnitud de velocidad del viento

solar, así como con la escala de las irregularidades del viento solar que generan el centelleo.

FE-21 CARTEL

PROTOTIPO DE PÁGINA WEB PARA EL PROYECTO WORLDWIDE INTERPLANETARY SCINTILLATION STATIONS (WIPSS)

Reyes Marín Pedro Alberto¹, Mejía Ambriz Julio César², González Esparza Juan Américo³, Villanueva Hernández Pablo³ y Andrade Mascote Ernesto³
¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UMSNH
²SCIESMEX-LANCE-IGUM-UNAM
³IGUM-UNAM
pedro_alberto.rm@hotmail.com

El propósito del WIPSS es conjuntar, en tiempo real, mediciones remotas del viento solar con distintos radiotelescopios que observan centelleo interplanetario. Al tener distintas estaciones a diferentes longitudes, se contempla una amplia cobertura del cielo para el monitoreo de la dinámica del viento solar, lo que será de importancia para conocer más ampliamente el estado del clima espacial y su pronóstico. El WIPSS cuenta actualmente con los radio telescopios MEXART, ISEE (Japón), BSA (Rusia), ORT (India), en entre otros. Se tiene planeado usar un código tomográfico 3D de la UCSD para recrear la evolución del viento solar. En este trabajo, se explicará la creación de una página web que mostrará la información de la red de WIPSS así como de cada radiotelescopio involucrado en la red, y su método implementado para el análisis de datos.

FE-22 CARTEL

LA SONDA PARKER Y EL VIENTO SOLAR

López Jafet¹ y González Esparza Juan Américo²
¹Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM
²Unidad Michoacan, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jafet.unam@gmail.com

Uno de los misterios más grandes en lo que a física espacial se refiere es el origen del viento solar y la dinámica con la que este evoluciona, ¿qué mecanismo logra acelerar el viento a velocidades del orden de 2.9 kilómetros por hora?. La sonda Parker pretende por primera vez tocar el sol y proporcionar datos útiles para resolver estas cuestiones. El viento solar interactúa con todo nuestro sistema solar, particularmente en la tierra con el campo geomagnético, dando origen a fenómenos tales como las auroras boreales, pero también otro tipo de fenómenos como son las tormentas geomagnéticas, las reconexiones de campo, fenómenos capaces de afectar las redes de comunicación global y la mayoría de los equipos electrónicos. De ahí la importancia del clima espacial y entender adecuadamente la dinámica del viento solar. En este trabajo se describirá el viento solar lento y rápido y como la sonda Parker podría dar el siguiente paso para entender el funcionamiento de nuestra estrella y de esa manera poder avanzar en los modelos de clima espacial y prepararnos para los efectos que pueda tener la interacción del viento solar con la Tierra.

FE-23 CARTEL

CORRELACIÓN DE LOS DATOS DE RADIOINTERFERENCIAS PRODUCIDAS POR ESTALLIDOS DE RADIO SOLAR OBTENIDOS CON CALLISTO Y MEXART EN EL LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL

Heredia Cándido Moisés¹, Huipe Domratheva Elizandro² y De la Luz Víctor³
¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia UNAM, ENES
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, ENES Morelia
³Instituto de Geofísica Unidad Michoacán
moisesherediad@gmail.com

Desde febrero del 2015 hasta marzo del 2018 se han registrado eventos eruptivos del Sol llamados estallidos de radio solares que se caracterizan por el incremento súbito de la intensidad de la señal a bajas frecuencias. Esto con ayuda del radiotelescopio MEXART (Mexican Array Radio Telescope, que opera a una frecuencia central de 139.6 MHz y un ancho de banda de 2 MHz) y el radioespectrógrafo CALLISTO (parte de la red internacional e-callisto que en conjunto observan al Sol las 24 horas). Nuestra estación abarca un ancho de banda de 50-225 MHz y ambos instrumentos se encuentran en El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) ubicados en las instalaciones del observatorio de centelleo interplanetario en Coeneo Michoacán. La estación CALLISTO ha detectado 104 eventos eruptivos de los cuales 40 fueron detectados simultáneamente con el MEXART. En el grupo de radio emisión solar del LANCE hemos desarrollado una metodología con la que se validan los eventos de radio emisión solar, en ella se registra la hora de los eventos, su detección por MEXART y/o CALLISTO, el tipo de estallido (I, II, III), y la relación de señal a ruido detectada por ambos instrumentos. En este trabajo presentamos las señales de los 40 eventos detectados por los dos instrumentos; en particular la detectada en la banda de los 140 MHz, con el motivo de encontrar similitudes y diferencias que permitan caracterizar la señal de un evento

eruptivo y en un futuro poder tener criterios fijos para automatizar la detección y validación de los mismos.

FE-24 CARTEL

REGIONES DE INTERACCIÓN ENTRE CORRIENTES DE VIENTO SOLAR

Pérez Rivera Marco Antonio¹ y González Esparza Juan Américo²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM

²Unidad Michoacan, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
santoslaguna117@live.com

Diferentes manifestaciones de actividad solar se propagan en el medio interplanetario tales como las eyecciones de masa coronal, las fulguraciones, los eventos de partículas energéticas solares, y las regiones de interacción entre corrientes de viento solar. Este último fenómeno se caracteriza como una región donde una corriente de viento solar rápido alcanza a una corriente de viento lento, provocando una zona de compresión que dará como resultado dos ondas de choque (una de ellas en dirección al sol y la otra en sentido opuesto). En este trabajo se hace una revisión de las propiedades físicas de estos eventos, su evolución en el medio interplanetario y sus efectos en clima espacial.

FE-25 CARTEL

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA LEY DE POTENCIA DEL NÚMERO DE ONDA DE LAS IRREGULARIDADES DEL VIENTO SOLAR

Aguilar Rodríguez Ernesto¹, Mojica-Acosta Manuel Alejandro², Romero Hernández Esmeralda³, Chang Tania Oyuki⁴, Mejía Ambriz Julio César⁵, Corona-Romero Pedro⁶, De la Luz Víctor⁶, Sergeeva María⁷ y González Esparza Juan Américo⁸

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM-IGUM

²Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

³Universidad Autónoma de Nuevo León

⁴Rutherford Appleton Laboratory

⁵Cátedras CONACyT

⁶Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán
ernesto@igeofisica.unam.mx

En este trabajo se realiza un estudio para conocer la forma en la que varía el índice espectral de centelleo interplanetario (IPS) bajo condiciones de viento solar perturbado y no perturbado. Para ello, se analizarán registros de la fuente de radio 3C048 detectados por diferentes radiotelescopios (MEXART, ORT, ISEE y BSA), que cubren diferentes dominios de longitud de onda, para poder determinar la velocidad de viento solar y el valor del índice espectral con la ayuda del modelo espectral, que utiliza la técnica de una sola estación. Posteriormente, se hará una identificación, utilizando observaciones de coronógrafo, del tipo de viento que cruzó la línea de visión de las observaciones de IPS. Esto nos permitirá saber cómo se comporta el índice espectral en condiciones de viento perturbado (EMCs y SIRs) o no perturbado (viento solar nominal).

FE-26 CARTEL

PROTOCOLO INTERNACIONAL DE REACCIÓN ANTE UN EVENTO EXTREMO DE CLIMA ESPACIAL

González Esparza Juan Américo
Unidad Michoacan, Instituto de Geofísica, UNAM
americo@igeofisica.unam.mx

Diferentes manifestaciones de actividad solar representan un riesgo para la operación y confiabilidad de varios sistemas tecnológicos que son críticos para la sociedad moderna. Consientes de este peligro, diversas organizaciones internacionales, incluidas la Oficina para el uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre de la Naciones Unidas de la Naciones Unidas (UNOOSA), la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y los Servicios Internacionales de Meteorología del Espacio (ISES), se han propuesto desarrollar un protocolo internacional de reacción ante un fenómeno de clima espacial extremo. El trabajo presenta una propuesta para dicho protocolo donde se esboza cómo deben coordinarse los diferentes servicios de clima espacial para confirmar la gravedad del evento y el intercambio de información y observaciones del mismo.

FE-27 CARTEL

ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA EN MÉXICO

Corona-Romero Pedro¹, Bautista Hernández Ana María² y Mejía Ambriz Julio César¹

¹Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacan, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM

²Facultad de Ciencias Físico Matemáticas UANL
piter.cr@gmail.com

Es ampliamente aceptado que la actividad solar afecta el campo geomagnético. Posiblemente los efectos más importantes que la actividad solar tiene sobre la magnetosfera terrestre son las tormentas geomagnéticas. Las tormentas

geomagnéticas ocurren cuando el campo magnético del medio interplanetario interactúa con el campo geomagnético. El fenómeno permite que los electrones fluyan desde el medio interplanetario al ambiente de la Tierra. Esto deriva en alteraciones, a escala planetaria, en el campo geomagnético conocidas como tormentas geomagnéticas. Las tormentas geomagnéticas son de gran interés para el clima espacial, ya que están asociados a efectos nocivos en: telecomunicaciones, sistemas de posicionamiento global y producción y distribución de energía (por ejemplo, electricidad, petróleo y gas). Esto ha motivado el desarrollo de herramientas para estimar el impacto de las tormentas geomagnéticas. Ejemplos son los índices de actividad geomagnética planetarios Dst y Kp. Los índices magnéticos regionales K y #H estiman locales de las tormentas geomagnéticas y son los equivalentes de los índices planetarios Kp y Dst, respectivamente. Recientemente, el Laboratorio Nacional de Meteorología Espacial (LANCE) y el Servicio Magnético (SM), ambos del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional y Autónoma de México (UNAM), se han dado a la tarea de calcular el índice dichos índices regionales para México (K_{mx} y #H_{mx}). Considerando que la MS proporciona los datos del campo magnético terrestre; el LANCE proporciona la infraestructura computacional para el cálculo de los índices. A partir del 2017 el LANCE revisa el clima espacial, en tiempo casi real, a través de los índices geomagnéticos regionales. Los cuales se encuentran disponibles en la página del Servicio de Clima Espacial del LANCE. En este trabajo presentamos algunos ejemplos de tormentas geomagnéticas registradas entre 2014 y 2017 a través de nuestros índices geomagnéticos. Es importante destacar que K_{mx} es un producto experimental en proceso de validación que LANCE, en colaboración con MS, ofrece a sus usuarios. Así es como calculamos el índice de K_{mx}

FE-28 CARTEL

MAGNETOSHEATH JETS FORMATION RATE IN COLLISIONLESS SHOCKS: 2D LOCAL HYBRID SIMULATIONS

Tinoco Arturo¹, Kajdic Primož², Preisser Luis¹ y Blanco Cano Xochitl¹

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tinocodez@gmail.com

Several terms have been used to refer to kinetic energy, dynamic pressure or ion flux enhancements in the terrestrial magnetosheath, among which are high kinetic energy jets (Amata et al., 2011), dynamic pressure pulses (Archer et al., 2012) and transient flux enhancements (N_{#me#ek} et al., 1998). We use the term magnetosheath jets as in Plaschke et al. (2018). We study how jet properties and their formation rates depend on the angle between the shock normal and the incident upstream magnetic field (#Bn) using different selection criteria. We use 2D local hybrid simulations to study shocks in the range of Alfvénic Mach numbers from 4.3 to 4.8, corresponding to initial injection velocity, $v=3.3v_A$ (v_A is the Alfvén velocity) and angles #Bn of 15°, 30°, 50° and 65°. In order to identify jets we use five criteria that coincide with those used in different observational studies: 1. The downstream horizontal velocity must present values of at least twice the average horizontal velocity in the downstream region (Gunell et al. 2014). 2. The downstream ion density must be greater than 1.5 the average ion density in downstream region (Karlsson et al. 2012 and Gutynska et al. 2015). 3. The downstream ion flux must be greater than 1.5 the average ion flux in downstream region (N_{#me#ek} et al., 1998). 4. The downstream horizontal dynamic pressure must be greater than the average upstream dynamic pressure in x (Hietala et al. 2012). 5. The downstream horizontal dynamic pressure must be greater than a quarter of the average upstream dynamic pressure in x (Hao et al. 2016). The largest magnetosheath jet formation was observed in the case #Bn=15° and MA=4.3 using the criterion employed by Gunell et al. (2014). The criteria used by N_{#me#ek} et al. (1998) and Karlsson et al. (2012) was satisfied easily in the downstream region of quasiparallel and quasiperpendicular collisionless shocks.

FE-29 CARTEL

MAPAS TEC EN TIEMPO REAL SOBRE MÉXICO

D'Aquino Bautista Juan José¹, De la Luz Víctor², Chávez Dagostino Miguel³ y Romero Hernández Esmeralda⁴

¹Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE

²Conacyt, SciSmex, LANCE, UNAM

³INAOE

⁴UANL

jdxaquino@inaoep.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial tiene a su disposición información en tiempo real de la red de GPSs de TlalocNET y de la red perteneciente al Servicio Sismológico Nacional (SSN). Estos datos son recopilados en el Repositorio Institucional de Clima Espacial (RICE) y procesados en el Centro de Supercómputo de Clima Espacial (CESCOM) utilizando el software USTEC de la NOAA para calcular mapas de Contenido Electrónico Total (TEC) cercano a tiempo real (AzTEC). En este trabajo presentamos los primeros resultados de AzTEC los cuales forman parte de los productos desarrollados en el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE).

FE-30 CARTEL

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL ESPECTRO
RADIOELÉCTRICO EN LA BANDA VHF-UHF PARA
LA INSTALACIÓN DE UN RADIOTELESCOPIO
PARA ESTUDIOS DE FLUJO SOLAR A
10.7 CM EN EL LABORATORIO DE CLIMA
ESPACIAL (LANCE) DE COENEO, MICHOACÁN**

Andrade Mascote Ernesto, Aguilar Rodríguez Ernesto,
Villanueva Hernández Pablo y Espinosa Adán
Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, IGUM
eandrade@igeofisica.unam.mx

El flujo de radio en longitudes de onda centimétricas es uno de los índices mas utilizados en la actividad solar. Sus aplicaciones incluyen su uso como un indicador simple de nivel de actividad, como un proxy para otras emisiones solares o cantidades que son más difíciles de obtener, y además como un dato disponible para la calibración de antenas. Sin embargo sabemos que la banda de los 10.7 cm (2800 MHz), es un espectro que está dentro de las bandas asignadas a servicios comerciales de telefonía móvil, servicios de internet WiFi 2.4 GHz y bandas para uso exclusivo de satelitales meteorológicos y sistemas de radar aeronáuticos. De ahí la importancia de realizar un estudio y monitoreo del espectro radioeléctrico en el sitio para evaluar la factibilidad de instalar el radiotelescopio para investigaciones de flujo solar a 10.7 cm. Un estudio de ruido Electromagnético ambiental fue realizado empleando tres antenas de banda ancha, para cubrir todo el espectro radioeléctrico desde los 40 MHz a los 3500MHz, y un Analizador de Espectros con un ancho de banda de 100 KHz a 14 GHz. Los resultados preliminares de este estudio revelan la factibilidad de este sitio para la instalación del Radiotelescopio.

FE-31 CARTEL

**PROGRAMACIÓN Y OBSERVACIONES CON UN SWITCH
16:2 PARA EL RADIOTELESCOPIO MEXART/LANCE**

Villanueva Hernández Pablo¹, Espinosa Adán¹,
Andrade Mascote Ernesto¹ y Mejía Ambríz Julio César²
¹Observatorio de Centelleo Interplanetario, UNAM, LANCE, MEXART
²SCIESMEX, LANCE
pablo@geofisica.unam.mx

El Servicio Nacional de Clima Espacial (SCIESMEX) del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) tienen varios instrumentos para monitorear el Clima Espacial, siendo el mas importante el Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario de Coeneo Michoacán (MEXART por sus siglas en inglés). El MEXART es un radiotelescopio que consta de 4096 dipolos y es un instrumento de tránsito, por lo que se necesita una Matriz de Butler para monitorear fuentes en dirección norte-sur. En este trabajo se reporta la programación en LABVIEW y las observaciones realizadas con un switch 16:2 diseñado por el Ingeniero Adán Espinosa y armado en el LANCE, el cual presenta varias ventajas en programación, tiempo de respuesta y manejo de salidas para el desarrollo de observaciones, ademas de que este mismo sistema puede ser usado en otros instrumentos,

FE-32 CARTEL

**IMPLEMENTACIÓN DE SWITCH 16*2 EN
RADIOTELESCOPIO MEXART/LANCE**

Espinosa Adán, Villanueva Hernández Pablo y Andrade Mascote Ernesto
LANCE
adan.espinosa.jimenez@gmail.com

El LANCE (Laboratorio Nacional de Clima Espacial) es el encargado a nivel nacional del monitoreo del clima espacial en nuestro país, cuenta con el radiotelescopio MEXART, el cual es un arreglo de 4096 dipolos que cubren un área de aproximadamente una hectárea, esto brinda al instrumento una gran sensibilidad. El MEXART cuenta también con un sistema formador de haces que permite observar fuentes a diferentes declinaciones. El sistema de adquisición de datos del MEXART requiere un sistema de swicheo que permita la selección del haz mas adecuado para la observación de cada radio fuente. En el presente trabajo describe el diseño, construcción e implementación de un sistema de swicheo de 16*2 que reemplazará al sistema anterior y cuenta con varias ventajas claras respecto al sistema antiguo.

Sesión regular

GEODESIA

Organizador:
Enrique Cabral

GEOD-1

DETERMINACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DINÁMICOS Y SEMI-ESTÁTICOS DEL PUENTE EL CARRIZO A PARTIR DE TECNOLOGÍA GNSS

Vázquez Ontiveros Jesús René¹, Quintana Rodríguez Juan Antonio², Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹, Gaxiola Camacho José Ramón¹ y Guzmán Michel¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Instituto Mexicano del Transporte

rene-vazquez-ontiveros@hotmail.com

Las aplicaciones de los GNSS se han venido incrementando de manera considerable, esto debido a la confiabilidad de la precisión alcanzada por dicha tecnología. Una aplicación que se le dio, a finales de la década de los 90's, fue para el monitoreo estructural de puentes. En particular, los GNSS son sistemas de radio-posicionamiento de tiempo que calculan coordenadas geodésicas con respecto a un elipsoide (WGS84). Lo anterior nos permite realizar mediciones a intervalos de frecuencia baja para así poder determinar desplazamientos ocurridos sobre la estructura bajo estudio. En términos generales, cuando un sistema estructural se ve sometido a cargas de servicio, es común que se generen dos tipos de desplazamientos: semi-estáticos y dinámicos. Los desplazamientos semi-estáticos son movimientos lentos, ocasionados por expansión-contracción térmica de la estructura. Por otro lado, los desplazamientos dinámicos son movimientos de periodo corto y rápidos. Como caso de estudio, para evaluar dichos desplazamientos en estructuras, se llevó a cabo un experimento donde se realizaron mediciones GNSS sobre el puente El Carrizo, perteneciente a la autopista Mazatlán-Durango. El objetivo principal de esta investigación consistió en determinar los desplazamientos semi-estáticos y dinámicos ocurridos sobre esta estructura durante pruebas de tensado y carga. Se utilizaron dos receptores geodésicos GNSS, sirviendo uno como estación de control en modo estático y otro como dinámico colocado sobre la parte más vulnerable del puente. El método de procesamiento de la medición fue la técnica de GNSS diferencial, siendo esta la de mayor uso por la precisión milimétrica alcanzada. Para obtener el desplazamiento dinámico, se aplicó el filtro Chebyshev Tipo I a los datos GNSS correspondientes a la componente vertical, ya que esta fue la componente que presentó un comportamiento crítico. Para los desplazamientos semi-estáticos, se utilizó el filtro media móvil. Se obtuvieron desplazamientos por debajo de los 5 mm en la componente vertical durante la prueba de tensado y aproximadamente 5 mm en la prueba de carga. Los resultados determinaron que se pueden utilizar mediciones GNSS para obtener el comportamiento estático y dinámico de puentes.

GEOD-2

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA SEÑAL GPS EN ESTACIONES GEODÉSICAS FIJAS DE LA RGNA

Cárdenas Tristán Abraham¹, Niño Gutiérrez Maribel² y Reyes Cárdenas Oscar²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí
abraham.cardenas@uaslp.mx

Los avances tecnológicos recientes en los sistemas de navegación por satélite y las técnicas de posicionamiento global se han mejorado dadas las recientes ventajas en las observaciones de los satélites de las constelaciones NAVSTAR-GPS de los EEUU, GLONASS de Rusia, Galileo en la comunidad Europea y el sistema reciente de BeiDou en China entre otras en desarrollo, de manera que dichas constelaciones de satélites conforman el denominado Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés). En la actualidad diversos países cuentan con redes de estaciones de referencia de operación continua (CORS, por sus siglas en inglés). Estas estaciones registran datos de los satélites las 24 horas del día durante los 365 días del año. En el caso de México, el Sistema Geodésico Nacional se materializa a través de la Red Geodésica Nacional que está conformada por la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) conformada por estaciones permanentes y la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP) que proporciona datos de latitud, longitud, altura y datos gravimétricos. En este trabajo se evaluó la calidad de las señales en estaciones de la RGNA, debido a diversas obstrucciones en la estación denominada USLP afectando su correcta recepción de información, proceso que también implicó una modernización de equipos y la evaluación se comparó con otras estaciones geodésicas de la misma red. El análisis de la evaluación de los datos se determinó a través de porcentajes de observaciones (%obs), el efecto multitrayectoria en las frecuencias L1 (mp1) y L2 (mp2), así como los saltos de ciclo (o/slps). Para llevar a cabo dicho proceso se utilizó el software TEQC, y se evaluó la calidad en una comparativa con el software Leica Spider QC y BNC.

GEOD-3

MEJORAMIENTO EN LA RESOLUCIÓN DE MODELOS GEOPOTENCIALES GLOBALES EMPLEANDO MODELOS RESIDUALES DEL TERRENO

Alcántar Elizondo Norberto¹, García López Ramón Victorino² y Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Universidad Autónoma de Sinaloa
noralel@hotmail.com

La resolución y por ende la precisión de los modelos geopotenciales globales, que actualmente andan en el rango de los 9 km y hasta 30 cm respectivamente, puede mejorarse significativamente si se incorpora información de las masas topográficas locales, con más alta resolución y suficiente precisión (modelos digitales del terreno). Esto se puede efectuar aplicando las técnicas de realce espectral y modelos residuales del terreno, que consiste en incorporar a un modelo geopotencial (como el EGM2008) componentes de la señal del geoide asociadas a las frecuencias más altas y no presentes en el modelo (error de omisión). Dichas componentes serán aportadas por la contribución de las masas topográficas a la señal del geoide. La técnica de modelado residual del terreno es capaz de modelar la mayor parte de los errores de omisión del EGM2008 utilizando para tal efecto datos del modelo digital del terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 3" (90 m), con estos datos se calculan las alturas geoidales en puntos de interés. Se utilizaron datos independiente de nivelación GPS de la red de INEGI, en los que se obtuvieron las alturas geoidales a través de la diferencia entre la altura geoidales proporcionada por el GPS y la altura Ortométricas de la nivelación con el objetivo de determinar la precisión del modelo.

GEOD-4

ANÁLISIS DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LA INVERSIÓN DE LA INTEGRAL DEL GRADIENTE DE GRAVEDAD VERTICAL EMPLEANDO DISTINTOS MÉTODOS DE REGULARIZACIÓN

Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe¹, García López Ramón Victorino² y Alcántar Elizondo Norberto²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Universidad Autónoma de Sinaloa
jesus.gpe1991@gmail.com

La determinación del geoide por mediciones satelitales geodésicas presenta inestabilidad, requiriéndose regularización. Se han desarrollado varios métodos de regularización o estabilización, donde los más comúnmente aplicados en geodesia son regularización Tikhonov, descomposición de Valores Singulares Truncados (TSVD, por sus siglas en inglés) y Descomposición de valores singulares amortiguado (DSVD, por sus siglas en inglés). En el presente análisis se aplica la integral del gradiente vertical de la gravedad para obtener alturas geoidales N, esta integral requiere ser invertida, esto es posible hacerlo de un modo directo o aplicando técnicas de Fourier. Se regulariza el sistema con los 3 métodos de regularización mencionados anteriormente en la aplicación de integración directa, mientras que en la inversión con la transformada rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés) se aplica regularización Tikhonov. Las pruebas se llevaron a cabo con datos simulados del modelo geopotencial EGM2008, realizando un análisis de tiempo de ejecución de la inversión del GVG y almacenamiento. Para los métodos de regularización analizados se emplearon errores aleatorios de 3×10^{-4} (E) (Eötvös), donde el método de regularización que resulta con mejores resultados es el método DSVD, mientras que el método que más carece de precisión es el TSVD. En el método de regularización DSVD se obtienen desviaciones estándar de hasta 26 cm, esto para una malla de dimensiones 80x80 con intervalos de 0.30° donde el parámetro de regularización que produjo mejores resultados fue $\# = 4 \times 10^{-4}$ (-34), el segundo método con mejores resultados es con regularización TSVD, donde la precisión es de 28 cm para una malla de 80x80 con $\# = 2 \times 10^{-4}$ (-34). Por último, aplicando regularización TSVD la mejor precisión por el método alcanzada es de 47 cm, este último método es el que resultó menos preciso. En la inversión de la integral con 1D-FFT para una malla con dimensiones de 80x80 e intervalos de 0.25° se obtienen desviaciones estándar de 30 cm con $\# = 3 \times 10^{-4}$ (-31).

GEOD-5

DETERMINACION LOCAL DEL GEOIDE A PARTIR DE BANCOS DE NIVEL GNSS Y PERTURBACIONES DE LA GRAVEDAD EMPLEANDO COLOCACION POR MINIMOS CUADRADOS

García López Ramón Victorino, Alcántar Elizondo Norberto, Plata Rocha Wenselslao, Arana Medina Anibal Israel y Guzmán Galindo Tiohary Dagoberto
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
rvargarcia@uas.edu.mx

El método de Colocación por Mínimos Cuadrados (Least Squares Collocation) LSC permite utilizar diferentes tipos de mediciones geodésicas para obtener funciones del campo anómalo de gravedad terrestre como son las alturas geoidales. El

método resulta ser más apropiado para el enfoque local o regional, teniendo la limitante de ser computacionalmente más intensivo a medida de que el número de datos aumenta. Similar al método de interpolación por Kriging, se basa en el conocimiento a priori de las covarianzas entre las funciones por determinar y de las cantidades medidas. En los últimos años ha proliferado en el mundo el establecimiento de bancos de nivel GNSS (Global Navigation Satellite System) los cuales dan acceso directo a la altura geoidal correspondiente. Asimismo, se ha avanzado en la extensión y densificación de las redes gravimétricas cuyas estaciones son georeferenciadas en forma precisa también con los sistemas GNSS. Con ello se obtiene la correspondiente perturbación de la gravedad. Una vez determinadas las covarianzas correspondientes a partir de un modelo de gravedad de alta resolución como lo es el EGM2008, el método de LSC estima los valores de las alturas geoidales en cualquier punto dentro de la zona de las mediciones o datos a utilizar. En el presente trabajo se procesaron 300 bancos de nivel GNSS y 50 estaciones gravimétricas de la red geodésica nacional pasiva y la red gravimétrica nacional respectivamente, ambas establecidas por INEGI y ubicadas en la zona central del estado de Sonora. Para el área de estudio y con los datos utilizados, se encontró que la función de covarianza empírica produce valores relativamente más precisos que la función de covarianza a partir del grado de varianza o del modelo geopotencial. Las alturas geoidales estimadas mostraron diferencias del nivel del decímetro con respecto al geode mexicano GGM10. El método también se aplicó empleando también alturas geoidales del modelo GGM10 generadas en una malla de 100 km cuadrados con intervalos de 10 km. Al validar los resultados con BN-GNSS independientes se observaron diferencias promedio sub-decimétricas.

GEOD-6

MEDICIONES DE GRAVEDAD ABSOLUTA (G) EN EL BLOQUE DE JALISCO: VALORES ANÓMALOS Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LOS SISMOS DE SEP/2017

Esparza Alfredo¹, Arzate Flores Jorge Arturo², Silliker Jason³, Hernández Ignacio⁴ y Morales Calixto⁴

¹Posgrado e Ciencias de la Tierra-UNAM, y Centro Nacional de Metrología (CENAM)

²CGEO-Universidad Nacional Autónoma de México

³Canadian National Geodetic Survey

⁴Centro Nacional de Metrología (CENAM)
aesparza@cenam.mx

El oeste de México se caracteriza por ser una región tectónicamente activa con alta sismicidad y vulcanismo relacionados con la convergencia de las placas. En particular, la interacción de la placa Rivera con la placa Norte Americana tiene una influencia directa sobre la dinámica del Bloque de Jalisco (BJ), una estructura continental que está relacionada con la peligrosidad geológica de la región, pero también con la distribución de recursos hidrotermales. Su historia geológica ha sido estudiada ampliamente, sin embargo, existen dudas acerca del tipo de desplazamiento actual del Bloque: subsidencia o levantamiento?. Con el objeto de aportar conocimiento en este campo, se llevaron a cabo dos series de mediciones con el gravímetro absoluto FG5X-252 para analizar las variaciones temporales de g en esta zona. Para este propósito se tomaron como referencia 4 estaciones establecidas en Marzo de 1996 por la NOAA y la UNAM en Chamela, Jal. (CHA1), en Guadalajara (UGG1), en Manzanillo (MAN1) y en Puerto Vallarta (UGP1) respectivamente. Las dos series de mediciones se realizaron también durante el periodo de secas (Feb-Mar) de 2016 y 2018 en las estaciones mencionadas, además de que se estableció una estación adicional en la cd. de Tepic (TEP1) ubicada en el límite norte del BJ. Los resultados obtenidos de la comparación de los valores de g absoluta entre 1996 y 2016, es decir 20 años después, arrojan una diferencia promedio de +/- 1.5 µGal/año. Las estaciones MAN1 y UGP1, que se encuentran respectivamente en los márgenes E y W del BJ, presentan un gradiente positivo lo que indica que la zona en la que se ubican se encuentra bajo un régimen de subsidencia. Por otro lado, las estaciones CHA1 y UGG1, que presentan un gradiente negativo indica un régimen de levantamiento (uplift) en los sitios de medición. Sin embargo, la comparación entre los valores medidos entre 2016 y 2018, en las mismas estaciones y bajo las mismas condiciones de medición, son significativamente distintas en las estaciones MAN1 y UGG1, con valores de -9 y -8 µGal/año respectivamente lo que significa un cambio muy importante no solo en la magnitud del desplazamiento sino en la dirección del mismo en el caso específico de la estación MAN1, ubicada al interior del graben de Colima sur, la cual parece haber sufrido un levantamiento repentino. Estos resultados, apoyados por observaciones de GPS de redes permanentes en o cercanos a las estaciones de g absoluta mencionadas, sugieren como probable explicación el sismo cortical (#70 km de profundidad) de magnitud 8.2 ocurrido en septiembre de 2017 en el país. Esto implica que en el desarrollo de eventos de esta magnitud ocurren reajustes corticales incluso en zonas alejadas varios cientos de kilómetros del epicentro como es el caso.

GEOD-7

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO Y AJUSTE PARA LA OBTENCIÓN DE COORDENADAS PRECISAS DE LA RED GEODÉSICA DE JALISCO

Cabanillas Zavala Juan Luis¹, Mackern María Virginia², Mateo María Laura³, Camisay María Fernanda³, Trejo Gómez Elizabeth¹, Núñez Cornú Francisco Javier¹ y Sandoval Hernández Juan Manuel¹

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

²Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Universidad J. A. Maza, CONICET, Mendoza, Argentina.

³Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Universidad J. A. Maza, Mendoza, Argentina.
ingjuancabanillas@gmail.com

En este trabajo se presenta la metodología utilizada para determinar coordenadas precisas en el ITRF2014 de las 4 estaciones geodésicas de monitoreo de la Red Geodésica de Jalisco (REGJAL). Estas estaciones efectúan mediciones continuas al Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), mismas que se encuentran operando en el occidente del Estado de Jalisco desde mayo del presente año a cargo del Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVoc) zona directamente influenciada por las interacciones entre las placas tectónicas de América del norte, Cocos, y Rivera. Se procesaron 3 semanas de datos de 4 receptores geodésicos de doble frecuencia de monitoreo continuo durante el periodo del 27 de mayo al 16 de junio del presente año para obtener coordenadas precisas de las estaciones. Dicho análisis se realizó mediante el método de mínimos cuadrados utilizando el software de procesamiento científico, Bernese 5.2, siguiendo los estándares internacionales definidos por el International GNSS Service y tomando como referencia estaciones de la red de monitoreo continuo continental SIRGAS, ubicadas en la placa de Norte América en el territorio mexicano con la finalidad de obtener coordenadas en un marco de referencia internacional. Se analizó la precisión interna de la red a ajustar, a partir de los residuos obtenidos de un ajuste semanal cuasi-libre, para posteriormente realizar un ajuste ponderado de las tres semanas (21 días). Se obtuvieron las coordenadas precisas de los vértices de la REGJAL, vinculadas al marco de referencia ITRF2014, a partir de la combinación de las ecuaciones normales obtenidas para los 21 días procesados con una precisión de ± 1.5 mm en componentes horizontales y ± 3.5 mm en altura.

GEOD-8

MONITOREO DE LA TECTÓNICA DE DEFORMACIÓN EN EL SUR-ESTE DE MEXICO UTILIZANDO OBSERVACIONES GPS DE ESTACIONES CONTINUAS

Moraila Valenzuela Carlos Ramón¹ y Pérez-de los Cobos M. Clara de Lacy²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²Universidad de Jaén, España
cmoraila@uas.edu.mx

La evolución y la estructura de la zona de subducción en México se han estudiado usando una variedad de técnicas; sísmicas, geofísicas y geológicas a lo largo de los años. Se presenta el campo de deformación de la corteza en el Sur-Este de México utilizando datos de GPS observados entre los años 2015 a 2017. Las estaciones de GPS continuas utilizadas pertenecen a instituciones como, UNAVCO, TLALOC e INEGI (Red Geodésica Activa del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, RGNA-INEGI), con estaciones IGS para el establecimiento de un marco de referencia. En la obtención de las serie de tiempo y sus desplazamientos se empleó el software GAMIT / GLOBK para periodos diarios, y TRACK para soluciones por cada observación. El análisis preliminar del campo de deformación se obtuvo con software, TSVIEW y VELVIEW relacionado con los eventos sísmicos en el área estudiada.

GEOD-9 CARTEL

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ELECTRONES EN LA IONOSFERA USANDO ESTACIONES GNSS

López Urias Charbeth y Vázquez Becerra Guadalupe Esteban

Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
charbethlopez@uas.edu.mx

La ionosfera es una capa de la atmósfera terrestre, siendo esta una de las principales fuentes de error para la tecnología de los Sistemas Globales de Navegación Satelital (GNSS). Existen diferentes sistemas de navegación que han implementado nuevas señales con el propósito de disminuir el error causado por la ionosfera, lo cual nos permite también, además de minimizar el error poder estudiar cual es el comportamiento del contenido de electrones en esta a partir de los sistemas globales de navegación satelital. En este trabajo se pretende realizar el análisis del Contenido Total de Electrones (TEC) en la ionosfera a partir de datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

GEOD-10 CARTEL

**PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES
Y SU APLICACIÓN EN LAS GEOCIENCIAS**

Córdova Medina Jorge Alberto, Guajardo Lara Juan José, Maldonado Castillo
Julio Cesar, Ibarra Vázquez Jorge Alejandro y Bautista Hernández Maximiliano
Universidad Autónoma de Coahuila; ESI-UAdeC.
jorge_cordova3030@hotmail.com

Los satélites LANDSAT han capturado imágenes multiespectrales de la tierra desde 1972, teniendo un archivo histórico incomparable en calidad, detalle, cobertura y duración. Sus aplicaciones son disímiles, tanto en el orden ambiental, militar o dirigidos a las geociencias. En este sentido se desarrolla la presente investigación, teniendo como objetivo conocer las aplicaciones del procesamiento de imágenes satelitales LANDSAT, mediante la combinación de bandas RGB (del inglés Red, Green, Blue), aplicadas en el campo de la geología. El proyecto consiste en la descripción de las combinaciones de bandas más empleadas en el análisis visual de imágenes; El procesamiento de imágenes LANDSAT, se realiza teniendo en cuenta las especificaciones de cada banda según la RS/GIS Quick Start Guides (2008). La descripción del análisis visual de imágenes se realiza en composiciones RGB, manteniendo inalterados los niveles digitales suministrados por el sensor, y las composiciones RGB de operaciones realizadas entre bandas del sensor, con las cuales se resaltan variaciones de color, textura, tonalidad y diferencias de los distintos tipos de cobertura que existen en la superficie. Las combinaciones de bandas más utilizadas según el programa LANDSAT de la NASA son: 321, 432, 541, 542, 543, 654, 742 y 765. La información base de la investigación son varias imágenes LANDSAT ETM+ del territorio de México. El procesamiento consiste en la interpretación de las combinaciones de bandas RGB utilizando el software ArcMap 10.2 de ArcGIS. Como resultado se obtienen distintas coberturas, las cuales representan los aspectos geológicos, ambientales e hidrológicos presentes en las áreas analizadas. Por último la utilización de las combinaciones RGB de las bandas espectrales, permiten realizar un primer acercamiento a la zona de estudio, de tal manera que con la información obtenida del procesamiento de la imagen se puede clasificar de manera más rápida y efectiva ciertos factores geológicos o ambientales como litología, geomorfología, estructura geológica, sistemas fluviales, cuerpos magmáticos y vegetación que aflora en la superficie.

GEOD-11 CARTEL

**DIVERSOS FACTORES CONSIDERADOS COMO
PRECURSORES SÍSMICOS Y SU RELACIÓN
CON EL PRONÓSTICO DE TERREMOTOS**

Melgarejo Morales Angela, Vázquez Becerra
Guadalupe Esteban y Millán Almaraz Jesús Roberto
Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
angelamelgarejo@uas.edu.mx

La predicción de los terremotos, incluida la búsqueda de precursoros, han sido objetivos permanentes de la ciencia, en específico de la sismología. Sin embargo, gracias al desarrollo de diversas tecnologías estos objetivos se han vuelto multidisciplinarios. En general, se entiende por predicción sísmica a la capacidad de conocer donde y cuando va a producirse un terremoto y que magnitud presentará, la fijación de este objetivo ha permitido el descubrimiento de diversos factores considerados como precursoros sísmicos, los cuales abordan desde la atmósfera hasta el sub suelo. Los primeros precursoros sísmicos incluían fenómenos como las condiciones meteorológicas, el comportamiento animal y algunos efectos eléctricos. Sin embargo, la cúspide de la predicción se alcanzó cuando, de forma única, en el año 1975 sismólogos anunciaron con éxito la ocurrencia del terremoto de Haicheng ($M = 7.3$) en China. A partir de entonces, el esfuerzo por descubrir factores que estén relacionados con la actividad sísmica paso a ser de interés internacional y con un mismo objetivo: la predicción de sismos a corto, medio y largo plazo.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizador:

Antonio Hernández-Espriú

GEOH-1

INFLUENCIA DE LAS FALLAS ACTIVAS EN LA VULNERABILIDAD ACUÍFERA DEL VALLE DE VILLA DE REYES, S.L.P.

Almanza Tovar Oscar Guadalupe¹, Ramos Leal José Alfredo¹, Tuxpan Vargas José¹, Hernández García Guillermo de Jesús² y De Lara Bashulto Josue¹

¹Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología, IPICYT

²Universidad Nacional Autónoma de México
oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

En el municipio de Villa de Reyes la principal actividad económica es la agricultura y con un creciente asentamiento de industria, cuenta con un clima semi-seco, con un rango de precipitación de 300-600 mm, por lo tanto es de importancia en la región el tener un cuidado en el agua subterránea. El sistema hidrogeológico del Valle de Villa de Reyes cuenta con un acuífero colgado constituido con relleno aluvial y un acuífero profundo formado por depósitos aluviales, lacustres, piroclásticos y rocas volcánicas fracturadas, dentro de una fosa tectónica. Con la finalidad de caracterizar el entorno en que se encuentra el acuífero de Villa de Reyes se aplicó la metodología de DRASTIC para la vulnerabilidad acuifera, teniendo en los primeros resultados una vulnerabilidad que va de baja a media, a lo cual al hacer los ajustes necesarios y dándole un peso mayor a la condición de los sistemas de fallas que cuenta la región, aplicando técnicas de interferometría para la localización de fallas y la utilización de percepción remota mediante vehículos aéreos no tripulados, se realizó un mapeo a detalle de la condición de fallas. A lo cual al aplicarse esta condición y modificar los valores de conductividad hidráulica e infiltración por la presencia de fallas, se observó una notoria diferencia, en relación a una vulnerabilidad acuifera que si bien consideraba las fallas no se le daba el peso adecuado. Por lo tanto, la distribución y la evaluación de la influencia de las fallas activas en los parámetros de la conductividad hidráulica y la recarga neta tomo un peso significativo para la variación de resultado de la vulnerabilidad acuifera teniendo una vulnerabilidad de media y alta, con lo cual se proyectó un panorama real de la situación del acuífero del Valle de Villa de Reyes.

GEOH-2

PRESERVACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE MANANTIALES

Pinales Munguía Adán, Silva Hidalgo Humberto, Tonche Ramos Javier Agustín y De la Garza Aguilar Rodrigo
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
apinales@uach.mx

En la República mexicana se tienen distribuidos cientos de miles de manantiales. Algunos de ellos producto de las lluvias y otros alimentados por el agua subterránea. Muchos de ellos se han ido secando o desapareciendo, principalmente los que son alimentados por el agua subterránea, que, al descender el nivel estático, producto del cambio climático y/o de la sobreexplotación o mal manejo del acuífero, el manantial comienza a disminuir su caudal y posteriormente a secarse. Existen también, en el norte del país algunos manantiales que presentan características especiales, tales como, alta temperatura (38° a 47°C) y la presencia de especies micro endémicas como "Cachorrito de Julimes" conocido científicamente como pez ciprínodon Julimes, el cual mide 4 cm y se encuentra en el municipio de Julimes del Estado de Chihuahua y el pez Cachorrito Cabezon (Cyprinodon pachycephalus) localizado en San Diego de Alcalá en el municipio de Aldama del estado de Chihuahua. Ambos sitios han existido por miles de años, sin embargo, su entorno es frágil. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue Caracterizar Hidrogeológicamente el acuífero Aldama-San Diego, que es donde se encuentra el pez Cachorrito Cabezon. El acuífero se encuentra localizado en la zona centro oriental del estado de Chihuahua, con una superficie de 1,620 km² y es cruzado de noroeste a sureste por el río Chuviscar que desemboca en el río Chochos. Por su parte el manantial de San Diego de Alcalá se localiza al sureste del acuífero. Para caracterizar el área de estudio se realizaron configuraciones de profundidad, elevación y evolución del nivel estático, se identificaron los aprovechamientos de agua subterránea y se construyó un modelo conceptual del sitio. Determinándose que los niveles del agua subterránea han tenido poca variación a través del tiempo y que el sitio del manantial se encuentra en una zona de descarga del acuífero. También, se recomienda para lograr mayor conocimiento del área y preservar este ecosistema, realizar simulaciones del flujo del agua subterránea que permita delimitar la zona que al extraer agua pudieran afectar dicho hábitat.

GEOH-3

MODELACIÓN DE FLUJO Y TRANSPORTE MEDIANTE MODELO FÍSICO Y MATEMÁTICO: CASO DE ESTUDIO PORCIÓN NOROESTE DEL ACUÍFERO TABALAOPA – ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Mezquitic Velázquez Miguel Ángel¹, Pinales Munguía Adán¹, Rodríguez Pineda José Alfredo², Velázquez Cazares Alejandra¹ y Estrada Gutiérrez Guadalupe¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

²World Wildlife Foundation, Inc., (WWF)
mezquitic58@gmail.com

La modelación física de los procesos geohidrológicos en conjunto con la elaboración de un modelo matemático, resulta una manera eficaz para la comprensión de un sistema acuífero ante la aplicación de esfuerzos hidrológicos como extracción, inyección y recarga. La modelación física y matemática, permite el análisis de mayor cantidad de variables y escenarios en un menor tiempo y costo en comparación a si se realizaran pruebas en escala real de un determinado proyecto. Es por ello que la Facultad de Ingeniería (UACH) y la World Wildlife Foundation, Inc., (WWF) -Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA); desarrollan el proyecto titulado "Recarga de Agua de Lluvia en Acuíferos de Chihuahua, Chih., Acuerdo No. ED74", y dentro de éste, se encuentra enmarcada la presente investigación cuyo objetivo fue simular el flujo y transporte de solutos del agua subterránea en un modelo físico que representa la porción noroeste del acuífero Tabalaopa – Aldama, Chihuahua, México. El modelo físico mide 3.0X4.0X0.8 m y contiene 46 tubos ranurados distribuidos en la superficie de la base del modelo físico, los cuales pueden simular pozos de extracción o inyección de agua, además de ser usados como piezómetros o puntos de inyección soluto. Los resultados obtenidos en la modelación física de flujo y transporte de solutos fueron escalados y adecuados a la escala real del área con las que se trabajó en el modelo matemático y fueron utilizados como información de entrada y datos observados de piezometría y concentración en la simulación matemática. La calibración del modelo implicó una rezonificación en la asignación de los parámetros de conductividad hidráulica, almacenamiento y dispersión. La recta de calibración obtenida en la simulación del modelo matemático de flujo para el tiempo inicial muestra un error del 2.002% y un valor residual máximo de 7.02 m y para el tiempo final correspondiente a 72.92 días, presenta un error del 5.213% con un valor residual máximo de 49.833 m. Por lo que respecta a los resultados obtenidos de la simulación del proceso de transporte de solutos en el modelo matemático, para el tiempo inicial se reporta un error de 2.821% y un valor residual máximo de 24.092 mg/l, mientras que la recta de calibración para el último tiempo de la simulación reporta un error de 2.561% con un valor residual máximo de 306.224 mg/l. En resumen, la modelación física en conjunto con su correspondiente modelo matemático de flujo y transporte, permitió entender mejor los procesos geohidrológicos de la zona modelada ante esfuerzos variados como extracción, inyección, recarga, transporte de solutos y su combinación con la finalidad de tomar mejores decisiones dentro del proyecto con el que se está trabajando.

GEOH-4

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LAS ÁREAS VERDES EN LA CIUDAD DE MÉXICO PARA SU APROVECHAMIENTO Y LEGISLACIÓN

Aranda Carrillo Grecia Grisbert¹ y Ramírez Briones José Henrí²

¹Instituto Tecnológico de la Construcción, ITC

²Sin adscripción
gregriaracar@gmail.com

La crisis que enfrenta la Ciudad de México en cuando al suministro de agua potable ha ido incrementando a causa del déficit que se suscita en la extracción de agua subterránea principal fuente de aprovechamiento) (Comisión Nacional del Agua, 2016), ya que la explotación de mantos acuíferos sobrepasa a la capacidad de recarga de los mismos, desencadenando a su vez problemas de asentamiento en algunas zonas de la ciudad. Debido al desarrollo urbano, las zonas permeables más grandes dentro de las ciudades han sido las áreas verdes, mismas que ofrecen beneficios ambientales y sociales (United Nations, 2016). El presente trabajo realiza el análisis hidrogeológico y caracterización de permeabilidad de áreas verdes en baja, media y alta a través de parámetros y algoritmos, para la posible localización de obras de captación o infiltración y requerimientos constructivos de conservación o asignación de áreas verdes de acuerdo las Metas para el Desarrollo Sustentable (MDS) donde se recomienda un mínimo de 15% de áreas verdes urbanas (Sustainable Development Solutions Network, 2012). Los criterios de procesamiento de datos se fijaron de acuerdo a cada delegación debido a que los recursos económicos para construcción y propuesta de asignación de áreas verdes urbanas recae primeramente en los gobiernos delegacionales mismos que también pueden gestionar a nivel estado; y a las características de los datos obtenidos de las diferentes dependencias como la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX (PAOT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) así como el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Los datos vectoriales y de estaciones climatológicas proporcionados fueron procesados por medio de Sistemas de información geográfica, obteniendo como resultado la descripción del estado de las áreas verdes y su relación con la precipitación, volúmenes de

captación, permeabilidad de las áreas verdes y su estatus respecto a MDS y al Marco Geoestadístico Nacional 2018 plasmado en tablas y mapas donde destaca la delegación Álvaro Obregón. El trabajo abre camino e invita a los gobiernos municipales y estatales del país a realizar sondeos de áreas verdes como el que existe en la Ciudad de México por la PAOT y poder ser evaluados de la misma manera que se propone para así ser considerados en planificaciones urbanas y reglamentos de construcción.

GEOH-5

DETERMINACIÓN DE ZONAS DE RECARGA ACUÍFERA MEDIANTE MAGNETOMETRÍA AÉREA Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE AGUA DE POZO

Guevara Mansilla Oscar¹, López Loera Héctor² y Ventura Houle René²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Autónoma de Tamaulipas
oscar.guevara@ipicyt.edu.mx

La estimación de la recarga de agua de un acuífero puede llegar a ser errónea cuando no se comprende su funcionamiento y evolución hidrogeológica, donde criterios químicos y físicos son utilizados para determinar las áreas en las que se presenta la infiltración o recarga del agua subterránea. Los métodos geofísicos se han convertido en una herramienta bastante útil en los estudios hidrogeológicos, estos han sido utilizados para la detección de fallas, fracturas, discontinuidades y contactos geológicos, las cuales se han descrito como estructuras que tienen una porosidad y permeabilidad significativa, que son propiedades importantes para la captura, conducción y almacenamiento de agua subterránea. Al combinar la esta información con la medición de parámetros físicoquímicos del agua subterránea, se obtiene una mejor comprensión del funcionamiento del sistema acuífero. El presente estudio se realizó en el municipio de Tula, al SW del estado de Tamaulipas, donde se analizó información aeromagnética para detectar, a nivel regional, estructuras de interés hidrogeológico; seguido de esto, se establecieron puntos de muestreo de agua subterránea, donde se midieron parámetros físicoquímicos (pH, Conductividad Eléctrica, Potencial Oxido – Reducción) in situ, y concentración iónica en laboratorio, esto con la finalidad de relacionar estructuras con zonas de recarga o de conducción de agua subterránea. Se encontró que la principal zona de recarga para el sitio se localiza en estructuras ubicadas al NW, donde el agua circula a través de un sistema kárstico.

GEOH-6

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE SEDIMENTOS ALUVIALES Y OBTENCIÓN DE UN MAPA DE ISOLÍNEAS DE RESISTENCIA TRASVERSAL, A PARTIR DE LA CORRELACIÓN DE REGISTRO ELÉCTRICO DE POZOS Y SEV'S EN LA REGIÓN VALLES CENTRALES, DISTRITO CENTRO, OAXACA

Gómez Vergara Gerardo y Belmonte García Valdemar

Belmonte servicios geofísicos-hidrogeológicos-ambientales
geragover@gmail.com

El objetivo del presente estudio es identificar las áreas más y menos favorables para la captación de agua subterránea en la región Valles Centrales, distrito Centro del estado de Oaxaca, a partir de la elaboración de un modelo geológico en bloques para determinar el espesor de los sedimentos aluviales y, de la obtención de un mapa de isolíneas de resistencia transversal (parámetro T de Dar-Zarrouk); dicho mapa se asociará con las zonas óptimas para captación de agua. Para la elaboración de este trabajo, se consultó el acervo de información georreferenciada de los estudios geofísicos que la empresa Belmonte ha elaborado y compilando a lo largo de varios años en todo el estado de Oaxaca. Para la zona de estudio se seleccionaron 70 Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) en arreglo Schlumberger que involucran la determinación de la distribución de la resistividad eléctrica del subsuelo a partir de medidas efectuadas desde la superficie, y de 37 registro geofísico de pozos, con lectura de parámetros físicos de resistividad eléctrica (#-m) y de potencial natural (mV), además del análisis directo de testigos litológicos extraídos de los pozos a intervalos de 2m. Resultados: En primera instancia, se obtuvo un modelo de bloques que representa los espesores y los materiales litológicos de la zona de estudio, para el modelo geológico, además de la información aportada por los SEVs, fue de gran importancia la información proporcionada por el registro de pozos, aunado con el análisis de los testigos litológicos debido a que se logró identificar la zona de contacto con el basamento metamórfico en 17 pozos, mientras que en 7 pozos de identico un cambio de facie de sedimentos aluviales y caliza. En los productos cartográficos obtenidos podemos visualizar en tonos de color violeta las zonas con poco espesor aluvial que van de 0 a 20m, en el lado poniente del mapa aflora roca metamórfica, por otro lado, en la región oriente hay evidencia de rocas carbonatadas a poca profundidad. Así mismo de color cobrizo se representa las zonas con mayor profundidad que va de 90 a 155m de espesor. Por último, se calculó la sumatoria de T para todas las capas interpretadas, posteriormente, los resultados se integraron en un SIG para poder elaborar un mapa de isolíneas con el método de interpolación Kriging. En la cartografía se puede apreciar la distribución de T, en donde los valores más bajos (742 #-m2) se visualizan de color azul, mientras que las zonas de interés que corresponden a valores más altos de T (4380 #-m2) se aprecian de un color

rojo, además estas zonas se correlacionan con las áreas de concentración de pozos. Podemos concluir que las áreas con mayor potencial acuífero se concentran en dos zonas: la primera zona es circundante al municipio de San Jacinto Amilpas, Santa María Atzompa y Oaxaca de Juárez con orientación oblicua hacia el norte; la segunda zona se localiza en el lado noreste de Santa Cruz Xoxocotlán, cerca de la frontera con San Antonino de la Cal y Oaxaca de Juárez.

GEOH-7

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA RESPUESTA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y LA DEFORMACIÓN DEL TERRENO CAUSADAS POR LA SECUENCIA SÍSMICA DEL MAYO DE 2006 EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Sarychikhina Olga, Glowacka Ewa, Vázquez González Rogelio y Fuentes Arreazola Mario

Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
osarytch@cicese.mx

Es bien conocido y documentado que los fluidos en la corteza terrestre son muy sensibles a los cambios de esfuerzos dentro de esta y a la deformación. La sensibilidad del agua subterránea a la deformación tectónica se ha observado en forma de cambios pre-, co- y postsísmicos de sus propiedades físicoquímicas. La documentación y el análisis de la respuesta del agua subterránea a la ocurrencia de los eventos sísmicos permiten una mejor comprensión de su influencia sobre los sistemas de aguas subterráneas y las propiedades y procesos hidrogeológicos. El entendimiento correcto de la respuesta hidrológica a la ocurrencia de un sismo es importante para el manejo de desastres, la caracterización del acuífero y para comprender el entorno tectónico del área. En el presente trabajo se realizó un análisis de las variaciones de corto plazo (periodo de 1 mes) de la deformación del terreno (desplazamiento e inclinación) y el nivel y temperatura del agua subterránea en relación con la secuencia sísmica ocurrida del 22 al 28 de mayo de 2006 en el Valle de Mexicali, Baja California, México. Los cambios del nivel del agua subterránea cosísmicos (evento principal Mw=5.4) pueden ser atribuidos al cambio de la deformación volumétrica estática causado por el evento principal, excepto en un pozo, donde el cambio de nivel del agua subterránea también puede ser atribuido a un evento de deslizamiento asísmico disparado en una falla cercana. Algunos de los cambios cosísmicos de temperatura del agua subterránea observados pueden ser relacionados con el aumento de la convección y la mezcla del agua subterránea debido a la sacudida producida por el evento sísmico. El modelado de los registros de nivel de agua subterránea permitió estimar la difusividad hidráulica. Las anomalías observadas de inclinación del terreno y del nivel del agua subterránea en el área cercana a la falla de origen antes y después del evento principal y antes de la ocurrencia de las réplicas pueden explicarse por la teoría de dilatación-difusión, o asumiendo la ocurrencia de un deslizamiento lento y/o cambio de permeabilidad de la falla de origen.

GEOH-8

USANDO LA METODOLOGÍA VISHMOD PARA ENTENDER LOS PROCESOS DE MEZCLA E INTERACCIÓN AGUA-ROCA EN EL ACUÍFERO KÁRSTICO DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Ramos Leal José Alfredo y Morán-Ramírez Janete

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., IPICYT
jalfredo@ipicyt.edu.mx

La composición química del agua subterránea se controla principalmente por factores como el tiempo de residencia, la distancia, la mezcla, la mineralogía y la geología del acuífero. La evolución del agua subterránea comienza cuando el agua de lluvia se filtra en la tierra y se enriquece con iones debido a la interacción con el entorno geológico durante su recorrido. Esta interacción produce diferentes composiciones químicas en el agua subterránea, según las cuales se pueden identificar diferentes tipos de familias de agua subterránea. La evolución se puede estudiar con herramientas como la hidrogeoquímica, en particular los elementos conservativos, que se consideran trazadores. La evolución del agua subterránea se puede manejar como elementos de mezcla de miembros extremos, donde el punto de partida es la recarga y la descarga es el final, como es el caso de la Sierra Madre Oriental que se compone de cordilleras plegadas con orientación N-S, importantes estructuras geológicas regionales en rocas de carbonatadas altamente fracturadas (Formación Abra), que facilitan la recarga de acuíferos. A escala regional, la recarga se produce en la Sierra Madre Oriental, mientras que la descarga regional se encuentra al este en la zona Huasteca. Los valles intermontañosos, como El Salto y Ciudad Valles, se encuentran cerca de la zona de descarga regional. Basados en la caracterización hidrogeoquímica, se identificaron tres miembros extremos en la región, uno relacionado con el flujo local, otro con intermedio y un tercero con flujo regional. Estos flujos definen procesos de mezcla ternaria en el agua subterránea. En este trabajo, se estudia la evolución del agua subterránea, que es importante para conocer el rendimiento del sistema y los procesos hidrogeoquímicos a través de la metodología VISHMOD (Virtual Samples in Hydrochemical Modeling). El modelo de mezcla para los valles intermontañosos, indica que se produce mucha recarga, para lo cual el flujo local contribuye 68.3%, el flujo intermedio 12.3% y el flujo regional 19.4%. El modelado inverso muestra que la interacción agua-roca, precipitación y/o

disolución de calcita, yeso y dolomita son los principales procesos que ocurren en el sistema acuífero de los valles intermontañosos.

GEOH-9

MODELACIÓN DE VARIABLES HIDROLÓGICAS DE LAS SUBCUENCAS ID, IE, IF E IG DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA RH24I “RÍO BRAVO – CIUDAD JUÁREZ” MEDIANTE APROXIMACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

Esquível Herrera Katya¹, Salazar González Carolina¹, Saul Solís Sergio¹, Granados Olivas Alfredo¹, Alatorre Cejudo Luis Carlos², Rojas Villalobos Hugo Luis² y Salazar Holman³

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, División Multidisciplinaria Cuauhtémoc

³Universidad Libre de Colombia, Campus Socorro Santander
al132138@alumnos.uacj.mx

La disponibilidad hídrica del acuífero Bolsón del Hueco es limitada debido a la sobreexplotación continua desde mediados del siglo pasado, por lo que es necesario cuantificar dicha disponibilidad para un manejo sustentable de este recurso. Sin embargo, no se tienen valores precisos de la variación histórica de los niveles del acuífero, así como otras variables hidrológicas de interés (evapotranspiración, evapotranspiración potencial, percolación y recarga al acuífero). Como parte del proyecto binacional “Sustainable water resources for irrigated agriculture in a desert river basin facing climate change and competing demands: From characterization to solutions”, se desarrollaron modelos de balance hídrico para el caso particular de Ciudad Juárez y el distrito de riego del Valle de Juárez en el periodo de 1994 a 2014 con el objetivo principal de estimar la recarga al acuífero al igual que las variables previamente citadas. Se aplicó la secuencia metodológica del paquete computacional SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para series de tiempo anual considerando el uso de suelo existente en cada año, se integraron además datos climatológicos, edafológicos y aportaciones antropogénicas y naturales a la red hidrológica del área de estudio. A partir de los modelos se generaron mapas anuales de distribución espacial de las variables hidrológicas mencionadas. Para la calibración de los resultados preliminares obtenidos a la fecha, se consideraron los caudales de salida modelados del sistema de cuencas con respecto a los medidos en la estación hidrométrica perteneciente a la IBWC (International Border Water Commission) sobre el río Bravo a la altura de Fort Quitman, Texas y cerca de la colonia Luis León, Chihuahua, obteniendo valores modelados de una a dos órdenes de magnitud mayores a los medidos. Se estima que las diferencias en los valores de caudal provengan de una deficiente inclusión de procedimientos de irrigación agrícola aplicados en el área de estudio.

GEOH-10

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA FALLA ORIENTE DENTRO DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

Guerrero Martínez Lilia y Hernández Marín Martín
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
lig2040@gmail.com

Una falla puede ser considerada hidráulicamente como un conducto una barrera o una como combinación de ambos. En un medio sedimentario si la falla actúa como barrera, se atribuye generalmente a una reducción en la permeabilidad, debido al material fino que puede rellenar la zona de falla, lo que ocasionara segmentación de los sistemas de flujo regionales, anomalías geotérmicas y variaciones de gradientes hidráulicos. Por otro lado, el comportamiento de las fallas en los sedimentos no consolidados también se describe a menudo como conductos o sistemas combinados que forman rutas de flujo preferenciales para el fluido, las fallas se conceptualizan como zonas con una permeabilidad fuertemente anisotrópica de manera que el flujo se enfoca a lo largo del plano de falla mientras se mantiene una caída de carga hidráulica considerable. A través de la falla, se mostrarán extensos patrones de mineralización, y en caso de materia contaminante o de presencia de hidrocarburos, éstos tendrán una migración preferente a través de las fallas. Con base a lo anterior se vuelve de especial interés conocer la conducta hidráulica de las fallas o discontinuidades, su relación con el comportamiento hidrodinámico del acuífero y su rol en la dinámica ambiental. Considerando lo anterior se planteó el análisis y correlación gráfica de algunos parámetros como la temperatura, alcalinidad, conductividad eléctrica y profundidad del nivel de agua subterránea sobre la falla Oriente dentro del municipio de Aguascalientes, Ags. México. La cual es una de las dos fallas normales más prominentes y antiguas que actualmente delimitan el graben de Aguascalientes, y, en consecuencia, se cree que su profundidad efectiva probablemente llegue al sistema acuífero local, permitiendo así una conexión hidráulica entre la superficie terrestre y la capa freática. Esta información muestra el impacto de una zona de falla en patrones de flujo de poco profundos (<200 m) con datos de 50 pozos dentro del municipio de Aguascalientes. A partir del análisis realizado, se observa en algunas secciones a lo largo de la traza de falla variaciones de 5 a 10 grados en temperatura, variaciones de hasta 40 metros en profundidad de nivel freático, diferencias de 30 a 150 US/cm en Conductividad eléctrica y de 20 a 120mg/l CaCO₃ para la alcalinidad, estos datos sugieren que en las zonas donde se presentan estas discrepancias, la falla Oriente presenta un comportamiento de barrera, pero dado que este comportamiento no es el mismo en toda la traza de la falla sino en ciertas zonas, se puede concluir que la parte de la falla

Oriente dentro del municipio de Aguascalientes México, presenta un comportamiento de Conducto Barrera.

GEOH-11

INTERPRETACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS RESULTADOS DEL POZO SANTA CATARINA 3A EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Martínez Casas Zaida¹, Morales Casique Eric² y Lezama Campos José Luis²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
zai9.fii3@gmail.com

En la actualidad la Ciudad de México cuenta con una gran demanda de agua debido al continuo crecimiento de la población y esto ejerce una enorme presión sobre el sistema hidrogeológico. Esta presión se ha manifestado, entre otros aspectos, como un descenso sostenido del nivel piezométrico, despresurización y consolidación del acuitardo lacustre superficial y, consecuentemente, subsidencia del terreno. Con el fin de ampliar las opciones de manejo del sistema hidrogeológico, el sistema de Aguas de la Ciudad de México, en colaboración con la Comisión Nacional del Agua y Petróleos Mexicanos, han implementado un programa de exploración para estudiar las características geológicas e hidrogeológicas de las formaciones profundas de la Ciudad de México. El pozo Santa Catarina 3A es el cuarto pozo de este programa, fue perforado como pozo direccional con 1992 [m] de profundidad proyectada en la vertical. En este trabajo se presentan los resultados a la fecha del análisis de los registros geofísicos, análisis hidrogeoquímicos e isotópicos y ensayos de aforo en este pozo. Con base en los recortes de perforación, núcleos, registros eléctricos y rayos gamma se identificaron de manera general 2 zonas con posibilidad de aportar agua: la primera que va de los 1143-1322 m compuesta por depósitos de ceniza, la segunda es un paquete de intercalaciones que se encuentra entre los 1400 y 1698 m de profundidad clasificada como de pósisos de Lahar con de alteración hasta los 1555 m aproximadamente. En cuanto al análisis hidrogeoquímico se observa una concentración constante de iones mayores y elementos traza de julio a septiembre del 2017, tiempo en el cual se estuvo monitoreando el pozo. Al utilizar los valores de los iones mayores en el diagrama de Piper, este muestra que el agua pertenece al grupo de aguas cloruradas-sódicas. Para el análisis isotópico se obtuvieron 2 muestras la primera tuvo un contenido de $\delta^{18}O = -10.6$ y $\delta D = -73.6$, la segunda $\delta^{18}O = -10.7$ y $\delta D = -75.15$ lo cual sugiere que se tiene un origen por infiltración de precipitación. Actualmente se siguen trabajando con los datos de los ensayos de bombeo y datación por carbono 14.

GEOH-12

SIMULACIÓN DE SUBSIDENCIA NO LINEAL EN ACUITARDOS HETEROGÉNEOS ALTAMENTE COMPRESIBLES CON PARÁMETROS CORRELACIONADOS

Zapata Norberto Berenice¹, Morales Casique Eric², Díaz Viera Martín Alberto³ y Le Van Huong¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Instituto Mexicano del Petróleo
berezapata@yahoo.com.mx

Los sistemas hidrogeológicos sometidos a extracción intensiva del agua subterránea desarrollan subsidencia. La magnitud de subsidencia depende tanto de la naturaleza del subsuelo como de la tasa de extracción del agua subterránea. En muchos sistemas hidrogeológicos frecuentemente se encuentran intercalados acuitardos constituidos por sedimentos vulcanosedimentarios intercalados con materiales altamente compresibles. Estos materiales suelen presentar diversas propiedades geomecánicas e hidrogeológicas que dependen de la variación del esfuerzo efectivo. En este trabajo se presenta la simulación Monte Carlo con un modelo unidimensional no lineal del acuitardo, donde abordamos su heterogeneidad y alta compresibilidad. Utilizamos un espesor saturado de 15 m con fronteras tipo Dirichlet, por simplicidad. Se considera que la frontera inferior experimenta un cambio súbito de presión (abatimiento) de 5 m. Para obtener una simulación más realista del fenómeno, consideramos la correlación lineal (positiva, negativa y nula) entre el logaritmo de conductividad hidráulica Y y el índice de compresión C_c , mientras que los parámetros restantes los consideramos deterministas. Utilizamos cópulas para simular la correlación lineal (positiva, negativa y nula) y así obtener 2000 realizaciones de los pares $Y-C_c$ que servirían como datos de entrada para el modelo de flujo y consolidación unidimensional no lineal. Para ambas variables aleatorias (Y , C_c) se consideró distribución gaussiana con media y varianza conocida. El periodo de simulación fue 300 años. Los resultados muestran diferencias notables entre el promedio del asentamiento total y el asentamiento total derivado del caso determinista.

GEOH-13

ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN EL SISTEMA ACUÍFERO MERCEDES, URUGUAY

Becerra-Soriano Leticia¹ y Herrera Zamarrón Graciela²¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
leticia_becerra@ttaloc.imta.mx

El Sistema Acuífero Mercedes se localiza en la parte este de Uruguay, abarca los departamentos de Soriano, Río Negro y Paysandú, entre los paralelos 33° 36' 38" y 31° 59' 45" de latitud Sur y los meridianos 58° 30' 32" y 57° 12' 42" de longitud Oeste, cubriendo una superficie de 11,382 km². Las unidades geológicas del sistema acuífero son rocas sedimentarias cretácicas depositadas en la Cuenca del Litoral, las unidades que componen estos depósitos son las formaciones Guichón, Mercedes-Asencio. La formación Guichón está compuesta por areniscas con intercalaciones de conglomerados. Las areniscas son finas a medias de colores rojizos con estructuras estratificadas y masivas, presentando niveles calcáreos. Los cantos de los aglomerados son de composición basáltica. Los espesores identificados son del orden de 90 m a 120 m. La formación Mercedes-Asencio son rocas sedimentarias calcáreas, silicificadas y férricas. Con espesores máximos de 87 m. Se calibró un modelo numérico de flujo del sistema acuífero, con 66 de los 330 pozos de observación, distribuidos homogéneamente. El modelo de flujo se construyó en una capa y en estado estacionario. Los contornos de piezometría se estimaron mediante método geoestadístico. Para la estimación de las conductividades hidráulicas se utilizó información obtenida mediante ocho pruebas de bombeo y seis cortes geológicos. Se realizó el balance de masas. Se realizó la modelación numérica del sistema acuífero manual y automática (estimación de parámetros); se llevó a cabo un análisis estadístico para evaluar el ajuste del modelo de flujo y un análisis de la sensibilidad de los parámetros. Identificando la zona de recarga (parte norte del acuífero) como el parámetro con mayor sensibilidad, correlación entre zonas de conductividades y recargas mayores a 0.93. Para evaluar la incertidumbre y la correlación de los parámetros, se calcularon y analizaron entre otros estadísticos los vectores propios y valores propios de la matriz de covarianza de los parámetros y la descomposición de los valores singulares de la matriz de sensibilidad ponderada.

GEOH-14

EVAPORACIÓN Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE #2H AND #18O EN EL CICLO HIDROLÓGICO EN UNA CUENCA SEMIÁRIDA EN MÉXICO CENTRAL

Hernández-Pérez Eliseo¹, Levresse Gilles², Carrera-Hernández Jaime³ y Morales Puente Pedro⁴¹Centro de Geociencias, UNAM, CGeo²Centro de Geociencias, Campus, Juriquilla, UNAM³Centro de Geociencias, Campus, Juriquilla, UNAM⁴Instituto de Geología, UNAM
eliseo_hdez@hotmail.com

La Cuenca de San Juan del Río (SJR) se ubica en la Mesa Central, se encuentra rodeada por La faja volcánica Transmexicana, (FVTM), la Sierra Madre Oriental (SMO) y la Sierra Madre Oriental (SMO) con elevaciones topográficas de 1900 a 3200 msnm. Debido a su ubicación geográfica recibe masas de humedad provenientes del Océano Pacífico y Océano Atlántico. Estas características causan un sistema complejo en la identificación de las fuentes de recarga hacia el acuífero del Valle de San Juan del Río. La caracterización isotópica a través del ciclo hidrológico en la Cuenca de San Juan del Río permitirá mayor certidumbre en el uso de isótopos ambientales como trazadores y en el cálculo de evaporación en el modelo Craig-Gordon. Los objetivos de este trabajo son caracterizar la isotopía de agua de lluvia (#P), lagunas de evaporación (#L) y humedad atmosférica (#A) para los años 2016 y 2017 y estimar la pérdida por evaporación mediante el modelo de evaporación Craig-Gordon y Goniatti. Los resultados históricos y realizados durante este trabajo han permitido definir la Línea Meteorológica Local (LMWL) para la cuenca de San Juan del Río como $\delta^2\text{H} = 7.60 \delta^{18}\text{O} + 5.89$ ($r^2=0.9927$). La composición isotópica promedio del vapor de agua atmosférico para el periodo experimental fueron de -13.2‰ and -79.4‰ para el $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ respectivamente. La composición atmosférica para las masas de aire provenientes del Océano Pacífico fue de $\delta^{18}\text{O} = -13.0$ ‰ siendo más enriquecidas en comparación con las de origen del Océano Atlántico $\delta^{18}\text{O} = -14.5$ ‰; estas diferencias podrían ser explicadas por diversos factores tales como la composición isotópica inicial del reservorio y el empobrecimiento en las masas de vapor debido a efectos de altitud y sombra orográfica. Los resultados de las lagunas de evaporación permitieron definir tres líneas de Evaporación Local LEL1 $\delta^2\text{H}=5.91 \delta^{18}\text{O}-11.08$ ($r^2=0.9648$), LEL2 $\delta^2\text{H}=5.73 \delta^{18}\text{O}-14.96$ ($r^2=0.9796$) y LEL3 $\delta^2\text{H}=5.38 \delta^{18}\text{O}-19.84$ ($r^2=0.9839$) para elevaciones de 2600, 2300 y 2000 msnm respectivamente. A partir de estas LEL se pudieron definir los gradientes isotópicos de altitud $Z(m) = 356.7 \delta^{18}\text{O} + 6183$ ($r^2=0.9559$) para $\delta^{18}\text{O}$ y $Z(m) = 52.7 \delta^2\text{H} + 6309$ ($r^2=0.9921$) para $\delta^2\text{H}$. La aplicación del modelo de evaporación de Craig-Gordon y Goniatti permitió calcular los parámetros $m = 1.58$, la composición isotópica limitante (δ^*) = 10.84 ‰, el factor de fraccionamiento total (α) = 9.3982‰ y la estimación de fracción evaporada (f) durante la época de sequía para los años 2016 y 2017.

GEOH-15 CARTEL

MONITOREO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRATO EN LA PORCIÓN ORIENTE DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE CELAYA: EVIDENCIAS HIDROGEOQUÍMICAS E ISOTÓPICAS DE LA POSIBLE CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDAD AGRÍCOLA DEL ACUÍFERO SOMERO

Morales Arredondo José Iván¹, Armienta HernándezMaría Aurora² y Flores Ocampo Itzamna Zaknite³¹Instituto de Geofísica, UNAM, IGf, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM, IGf³Posgrado en Ciencias de la Tierra
ivanma@geofisica.unam.mx

La necesidad de maximizar el rendimiento de los cultivos en México ha provocado que la práctica de fertilización nitrogenada haya aumentado en tasas elevadas en tiempo reciente. Esta situación ha generado deterioro ambiental en amplias zonas, la lixiviación de nitratos en los horizontes superiores de los perfiles de suelos y en algunos casos la contaminación de acuíferos, lo que se traduce en incremento de la concentración de NO_3^- en el agua subterránea. Considerando este contexto es necesario conocer el estado actual de los acuíferos que están localizados en zonas agrícolas a través de la cuantificación de la concentración de contaminantes como el NO_3^- . Este trabajo se centra en evaluar la presencia de nitratos en la porción oeste del acuífero del Valle de Celaya (AVC), el cual está ubicado en la subprovincia del Bajío Guanajuatense, en los municipios de Juventino Rosas y Villagrán, estado de Guanajuato. En esta zona se extraen grandes cantidades de agua subterránea para satisfacer las actividades agrícola-ganaderas (hasta un 85%), domésticas (hasta un 12%) e industriales (hasta un 3%). Esta situación ha provocado un desequilibrio entre la extracción y recarga de agua subterránea (en la zona hay más de 1100 pozos), lo que se traduce en un severo problema de sobreexplotación y ambiental. En la zona el agua subterránea se bombea de dos acuíferos hidrogeológicamente distintos, el primero está a una profundidad entre 50 y 150 metros, es el más explotado y presenta sobreexplotación y abatimiento, lo que ha generado subsidencia y formación de fallas y fracturas. El segundo está a una profundidad de 200 y 350 m presenta características hidrotermales (hasta 50°C) y un contenido elevado de arsénico y fluoruro que supera los límites permitidos por la NOM-127. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación ambiental en la porción oeste del AVC enfocada en cuantificar la presencia de NO_3^- , sus posibles fuentes y los procesos hidrogeoquímicos relacionados. Para desarrollar este análisis se cuantificó el contenido de NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^- , además de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{13}\text{C}$. Los resultados indican que algunos pozos urbanos y agrícolas presentan contenidos de hasta 50 mg/L de NO_3^- , no hay mayor información sobre estudios ambientales relacionados con la presencia de nitratos en el agua subterránea de ambos municipios, algunos de estos pozos también presentan concentraciones elevadas de SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^- ; todos estos iones pueden incrementar su presencia en el agua subterránea por contaminación antropogénica. El enriquecimiento isotópico de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{13}\text{C}$ observado indica un posible proceso de evaporación, desnitrificación e incluso incremento de actividad microbiana. Es evidente que existe una relación entre la alteración en la calidad del agua subterránea y la migración de contaminantes antropogénicos a través de las fallas y fracturas en toda la zona. Este panorama representa un riesgo ambiental para la población.

GEOH-16 CARTEL

PRUEBA DE INTERCALIBRACIÓN DE DATOS ISOTÓPICOS EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Villanueva Estrada Ruth Esther¹, Cortés Alejandra², Morales PuentePedro³, Ordoñez Librado Oscar², Ceniceros Bombela Nora Elia²,Cienfuegos Alvarado Edith² y Otero Trujano Francisco Javier²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Nacional Autónoma de México
ruth@geofisica.unam.mx

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) funge como entidad líder y de referencia mundial proporcionando información científica y habilidades técnicas para mejorar la comprensión y gestión de información en las diferentes áreas de aplicación como la hidrogeología, geotermia, medicina, alimentos, etc. En todo estudio en el que se utilicen muestras de campo y análisis químico de laboratorio, se deben considerar resultados confiables pues de ello dependerá la interpretación de las investigaciones. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), ha establecido normas para el muestreo, calibración de equipos, análisis químico, manejo de datos, para la interpretación de estudios hidrológicos y geotérmicos. Se realizó un ejercicio de intercalibración entre la Unidad de Geoquímica de Fluidos Geotérmicos (UGFG) del Instituto de Geofísica y el Laboratorio de Isótopos Estables (LIE) del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología, ambas entidades de la UNAM. El objetivo de esta prueba interlaboratorio fue asegurar que los datos producidos por la UGFG son confiables dentro de los límites establecidos por el OIEA. Ambos laboratorios emplean diferentes espectrómetros; la UGFG emplea un CRDS (espectrómetro de absorción láser de intracavidad) y el LIE emplea un IRMS (Espectrómetro de masas de relaciones isotópicas). El LIE ha sido calibrado por el OIEA durante los últimos 12 años, siendo

nombrado como laboratorio oficial para los Proyectos de Colaboración Técnica del mismo organismo. El ejercicio interlaboratorio realizado entre UGFG y LIE arrojó resultados confiables, cuyos valores presentan un error del 2% para el Deuterio y 0.2% para el O-18, intervalo establecido internacionalmente

GEOH-17 CARTEL

CARACTERIZACION ISOTOPICA DE LA SUBCUENCA TAXCO-COCULA

Cortés Alejandra¹, Ramírez Javier Juan Carlos²,
Ramírez Guzmán Alejandro³ y Talavera Mendoza Oscar³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Maestría en Recursos Naturales, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero.

³Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero.

acortes@geofisica.unam.mx

La subcuenca Taxco-Cocula, se localiza al norte del estado de Guerrero, dentro de la cuenca del Balsas (Medio Balsas). La subcuenca presenta una forma elongada con orientación norte-sur, con longitud de 70 km, por 50 km ancho en la zona norte y 10 km en la zona sur. La caracterización del ciclo hidrológico local es importante para el conocimiento de la dinámica del clima y los procesos hidrológicos. Desde hace algunos años se han aplicado varias tecnologías, entre ellas están los isótopos ambientales de Oxígeno-18 y Deuterio. Los procesos de fraccionamiento de estos isótopos esta en función de: las condiciones climáticas dependientes de la temperatura, la altitud, latitud, humedad, y topografía, siendo la altitud, uno de los factores con mayor influencia en el fraccionamiento isotópico. El gradiente topográfico de la subcuenca varía de 2600 msnm al norte, considerada como la zona de recarga de la Sierra de Taxco y la de descarga a 470 msnm al sur. Los isótopos de #18O y #D han sido ampliamente utilizados como trazadores del origen de recarga, mezclas y familias de agua, entre otros, permitiendo delimitar zonas funcionales de una cuenca o subcuenca hidrológica y con ello el entendimiento del funcionamiento de los sistemas hídricos. En este trabajo se presenta el análisis del comportamiento de los: isótopos de (#18O y #D) y los hidrogeoquímicos (iones y metales). En relación a los isótopos, se analizaron muestras de agua de lluvia y subterránea, con el objetivo de caracterizar de forma espacial el comportamiento isotópico del agua meteórica dentro de la subcuenca Taxco-Cocula y su relación con las zonas funcionales. Los resultados hidrogeoquímicos del agua subterránea muestran tres tipos de agua, 1) bicarbonatada-cálcica-sódica; en la zona de recarga de la subcuenca, 2) bicarbonatada-cálcica, distribuido en la zona de transición de la subcuenca, 3) sulfatada-cálcica en la zona de descarga. Los datos isotópicos en combinación con la hidrología ayudaron a identificar las zonas funcionales de la subcuenca. El comportamiento de los pares isotópicos de #18O y #D del agua de lluvia se aproxima a la LMM y se relacionan a un claro gradiente altitudinal. El comportamiento isotópico del agua subterránea y superficial presenta valores de #18O que fluctúan entre -6.97 a -10.66 ‰ y #D valores de -71.2 a -52.9 ‰, con clara influencia del agua de lluvia, asumiendo una recarga contemporánea y de corto tiempo de residencia.

GEOH-18 CARTEL

WATER BALANCE ASSESSMENT ON AN OAK-SAVANNA CATCHMENT THROUGH A FULLY DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODEL

Campoy-Rivera Josefina, Robles-Morua Agustín y Méndez-Barroso Luis Arturo

Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, Instituto

Tecnológico de Sonora, CP 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

josie.campoy@gmail.com

Precipitation, evapotranspiration, runoff and infiltration form part of the water balance and play an important role in the quantification of water availability. The water balance can be altered by many factors, such as land cover, land use, soil properties, topography and meteorological conditions. In arid and semi-arid regions, the water balance is sensitive to global climate change, including intra- and inter-annual fluctuations. In the last decades, fully distributed models have been used due to their high resolution to address the lack of observations in water balance components. These models typically require a higher number of forcing's and parameters, which in many regions are not available, making their application a challenge. There are a few studies on water balance in arid and semi-arid ecosystems; however, no study has addressed the water balance in mountainous oak-savanna ecosystem to date. In oak savanna ecosystems of northwestern Mexico, the North American Monsoon (NAM) plays a key role in the water balance due to the large quantity of annual rainfall (ranging from 40-80%) and annual stream flow (up to 85%) generation. During the months of July, August and September, the NAM system increases regional precipitation leading to shift in soil moisture, evapotranspiration and stream flow conditions that alter not only each component of the water balance but also biological activity. In this work, the main objective is to close the water balance in an oak savanna ecosystem, located in the NAM region of northwestern Mexico, through the distributed model Triangulated Irregular Network (TIN)-based Real-time Integrated Basin Simulator (tRIBS). Model inputs include observed precipitation data from rain gauges, and meteorological forcings from in-situ instruments. Gap filling in model inputs were performed using forcing data from the North American Land Data Assimilation System (NLDAS). Energy and water fluxes from an Eddy covariance tower, catchment runoff from a V-notch flume and soil moisture observations were

used either for model calibration or assess model performance. Through model application, each major component of the water balance equation will be determined for the Sierra Los Locos catchment (~0.12 km²), focusing on the rainfall-runoff response. The quantification of runoff before and after the NAM will allow the water managers and decision makers of the region to learn the water availability for human consumption and use. Furthermore, the model will aid understanding catchment mechanisms by analyzing the response of water balance components to different meteorological, soil, and land use conditions

GEOH-19 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS ESPACIO- TEMPORALES EN UN ACUÍFERO LIBRE EN NAZARENO ETLA, OAXACA

Matadamas Diana¹, Belmonte Jiménez Salvador Isidro², Ladrón de Guevara Torres María³ y Hernández Sánchez Rosa Isabel²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto Politécnico Nacional

diana_matadamas@hotmail.com

Los acuíferos en áreas pobladas e industrializadas son extremadamente valiosos y sensibles a la contaminación, muchos de ellos carecen de una estimación del estado de la calidad del agua subterránea en relación con las condiciones básicas. El objetivo del trabajo es determinar la composición química y la calidad del agua subterránea del municipio de Nazareno ETLA en el Estado de Oaxaca, para comprender la geoquímica del acuífero. En los meses de agosto del 2017 y enero del 2018 (temporada de lluvias y sequía respectivamente) se muestrearon cinco pozos profundos y seis pozos noria que proveen agua para el uso doméstico y agrícola. Se midieron parámetros físicoquímicos in situ, pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, con el equipo HANNA HANNA pH/EC/TDS/temp 98130. Se analizaron en laboratorio los cationes: calcio (Ca+2), magnesio (Mg+2), sodio (Na+1), potasio (K+1), aniones: bicarbonato(HCO3-), sulfato (SO42-), cloruro (Cl-), nitrato (NO3-), constituyentes menores y traza, siguiendo las normas mexicanas: NMX-AA-036-SCFI-2001 procedimiento para determinación de acidez y alcalinidad, NMX-AA-074-SCFI-2014 determinación del ión sulfato, NMX-AA-079-SCFI-2001 determinación de nitratos, NMX-AA-073-SCFI-2001 determinación de cloruros y NMX-AA-051-SCFI-2001 determinación de metales. El área de estudio se caracteriza por presentar una heterogeneidad en cuanto a sus características hidrogeológicas. Las facies de agua identificadas en el diagrama de Piper se agruparon en el tipo de agua bicarbonatadas cálcicas – magnésicas (Mg-Ca-HCO3-) con tendencia a aguas sulfatadas cálcicas. La calidad del agua para uso humano está restringida por el contenido de hierro (Fe+2) y manganeso (Mn+2) que sobre pasan el límite máximo permisible (LMP: 0.3 ml/L y 0.15 ml/L) respectivamente de la NOM-127-SSA-2000 (salud ambiental, agua para uso y consumo humano LMP de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización) se midieron concentraciones de 8.72 ml/L de Fe+2 y 3.17 de Mn+2, se hallaron concentraciones altas tanto en pozos profundos como noria.

GEOH-20 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ETLA, OAXACA USANDO MICRO-GRAVIMETRÍA

Hernández Sánchez Rosa Isabel¹, Belmonte Jiménez Salvador Isidro¹, Herrera Barrientos Jaime², Campos Enríquez José Oscar³, Flores Martínez Emmanuel¹ y Matadamas Diana¹

¹Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR - OAXACA)

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

³Instituto de Geofísica de la UNAM

rosaisabelhdz@gmail.com

En los últimos años la micro-gravimetría ha sido utilizada para estimar el almacenamiento del agua subterránea la cual es considerada una variable de estado importante en un sistema hidrológico, la variabilidad de ésta en diferentes periodos de tiempo ha sido objeto de interés de estudio para diversos investigadores, ya que tener el conocimiento de su aumento o disminución permitirá estimar la disponibilidad del recurso hídrico, siendo este un método no invasivo. Por lo que el objetivo de esta investigación es usar la microgravimetría para conocer la variación de los niveles potenciométricos asociados con el almacenamiento de agua subterránea en dos diferentes periodos de tiempo. Las mediciones se realizaron en un perfil con 41 estaciones gravimétricas con un espaciamiento máximo de 500 m cuya variación dependió de las condiciones del terreno y disponibilidad de acceso; las mediciones gravimétricas se realizaron en dos periodos de tiempo, octubre de 1996 y en mayo del 2018 en la parte central del acuífero del Valle de ETLA dirección SE-NW. Paralelo a las mediciones gravimétricas se realizaron mediciones piezométricas en el acuífero en el año 2001 y 2018 en 40 pozos noria cercanos a las estaciones gravimétricas. Se estimó el incremento o disminución de los valores gravimétricos al realizar la diferencia entre los dos periodos de tiempo en cada estación. Como resultados preliminares se presentan variaciones positivas y negativas de algunos µGal en varias estaciones a lo largo del perfil gravimétrico, debido al cambio en las densidades de la zona no saturada y saturada del subsuelo aportando información relevante sobre cambios espacio-temporales en el aumento y

disminución del agua subterránea respectivamente; coincidiendo con las variaciones que se presentan en el perfil piezométrico. De acuerdo con resultados preliminares, la diferencia gravimétrica en el perfil muestra que la mayor parte de las estaciones presentan variaciones positivas por lo que se infiere un incremento en la densidad del subsuelo asociado a un aumento en el almacenamiento de agua subterránea en los últimos 20 años, sin embargo, para conocer el valor cuantitativo del incremento es necesario realizar un proceso matemático más preciso que permita a partir de la micro-gravimetría definir otros parámetros hidrológicos, lo que llevaría a la construcción de un modelo hidrogravimétrico más preciso.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizador:

Javier Arellano Gil

GP-1

APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA TRANSFORMADA ONDÍCULAR EN REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO SINTÉTICOS

Parra Santiago Francisco Jesús y Michel Cabrera Mari Bárbara
Instituto Politécnico Nacional, ESIA Unidad Ticomán
fparra96@gmail.com

Este trabajo tiene como objetivo la aplicación de la Transformada Ondicular (WT) en diferentes Registros Geofísicos sintéticos a partir de un modelo geológico propuesto, las curvas sintéticas generadas corresponden a: Rayos Gama, Porosidad, Densidad y Tiempo de Tránsito donde dichos valores fueron obtenidos a partir de tablas establecidas; a estos registros se les adicionó ruido para tener datos más apegados a la realidad. Los Registros Geofísicos Sintéticos (RGS) han sido obtenidos por medio de ecuaciones de tipo lineal usando los parámetros obtenidos de sus respuestas litológicas para diez diferentes tipos de capas. Las variables que constituyen a éstas ecuaciones son la porosidad, volumen de arcilla, saturación de fluidos y volúmenes de las matrices. Dichas ecuaciones dan pauta al modelado de los registros de Rayos Gama, Densidad, Porosidad de Neutrón y Tiempo de Tránsito siendo éstas alteradas por diferentes porcentajes de ruidos ya que existen diversos factores que afectan directamente a la herramienta, sin embargo es imposible la eliminación total de dichas señales. En el presente trabajo se le ha añadido de manera aleatoria valores que corresponden al 1%, 3%, 5% y 10% de ruido (por separado) a cada RGS. La importancia de la Transformada Ondicular (WT) reside en la determinación de las periodicidades a través de pseudo longitudes de onda ya que, a comparación de la Transformada de Fourier que descompone la señal tiempo-frecuencia a través de funciones de senos y cosenos, la descomposición de la señal WT refiere al tiempo-escala o espacio-escala el cual permite dividir una señal en componentes y éste puede ser llevado a un proceso individual. La implementación de la WT en los RGS tiene distintas aplicaciones, una de ellas es la determinación de patrones a pequeña o gran escala descomponiendo la señal original a diferentes escalas y aproximaciones para obtener como resultado una ondícula más sencilla que siga caracterizando el mismo medio. Para términos de este trabajo, se descompuso la señal en 10 escalas y una aproximación con las cuales se ha podido reconstruir la señal original omitiendo cierto número de escalas. Como resultado, se logró determinar que las escalas bajas (del 1 al 4), corresponden a la mayor parte del 10% del ruido añadido, mientras que para la reconstrucción más próxima a la señal se han seleccionado las escalas intermedias y grandes (del 6 al 10), ya que entre la señal original y la reconstruida, destacan los mismos patrones que los representan.

GP-2

PROYECTO ESTRATÉGICO DE DESARROLLO MARINO TSIMIN-XUX UN CASO DE NEGOCIOS DE ALTA RENTABILIDAD PARA PEP, MÉXICO

Flores Brito Osiel y Osorio Santiago Erick
PEMEX
osiel.flores@pemex.com

Among the most important oil field discoveries in México, within the last 11 years, are Tsimin and Xux. Located in the shallow waters of Tabasco's littoral, these reservoirs are producers of 41°API gas and condensed, and volatile oil of 36°API respectively. Although they have a high commercial value, the reservoirs are a challenge to produce due to its HPHT. The Tsimin-Xux Project is a project of great magnitude and high priority for México. This Project initiated its productive life in August 2012. Up to this date, it has a cumulative production of 12.15 MMBo and 53.5 MMMscf of gas produced through 11 development wells. The average production is 12,500 bpd and 62 MM scfd per well. The technical-economic success of this Project is mainly based on short time between discovery and first production (3.5 years); aggressive non-conventional development strategy by drilling 2 wells in parallel from only 1 structure; steep learning curve leading to save 60 days in drilling to an average depth 6490 m in shallow waters (savings of around 30% in well construction); and use of nearby oil fields production infrastructure. All this resulted in early production with its associated high VPN for the Tsimin-Xux Project. The development strategy allowed us to reach a production profile of 100,000bopd and 384MMscfd in 2 years. This value surpassed the production quotes assigned to the project by PEP. Moreover, the investment cancellation time is the only one year. The Tsimin-Xux project is now a high revenue business case for PEP.

GP-3

EL DESARROLLO DE LOS HIDROCARBUROS EN YACIMIENTOS DE LUTITAS PARA MÉXICO – MITOS Y REALIDADES

Hernández Ordóñez Rodrigo
Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH
rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

El potencial desarrollo de los hidrocarburos no convencionales en México, presenta una serie de temas asociados que deben ser expuestos y analizados con base en

los ejemplos y datos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional, con la finalidad de conocer la información y contar con una opinión basada en los datos y hechos. En el presente trabajo se incluyen los datos de la situación nacional en producción de energía primaria, como contexto para la discusión. Asimismo, se presentan las bases del método para la explotación de los hidrocarburos de los yacimientos de lutitas, la tecnología utilizada para la perforación, para la terminación de los pozos y en general el proceso completo del desarrollo de ese tipo de yacimientos. Asimismo, se presentan los datos de la evolución de la explotación de los yacimientos de hidrocarburos en lutitas como ejemplo del impacto que ha tenido ese desarrollo en algunos lugares del mundo. Son incorporados también los datos volumétricos de las últimas estimaciones realizadas en México y una comparativa de lo que representan ese tipo de yacimientos en el total de los recursos nacionales. Adicionalmente, se abordan tres temas fundamentales para el desarrollo de esos recursos: el uso del agua, el uso del fluido de fracturamiento y la energía utilizada para llevar a cabo el propio fracturamiento hidráulico. Lo anterior mediante datos que permiten dar a conocer la realidad en torno a esta actividad. Por último, se incluye una breve descripción del marco normativo en México para el desarrollo de ese tipo de yacimientos de hidrocarburos y lo que está ocurriendo en la agenda nacional al respecto del desarrollo de los hidrocarburos contenidos en los yacimientos de lutitas o también conocidos como no convencionales.

GP-4

INTERPRETACIÓN SÍSMICA-ESTRUCTURAL DE UN CAMPO PETROLERO DEL GOLFO DE MÉXICO

Bautista Hernández Maximiliano, Batista Rodríguez José Alberto y Guajardo Lara Juan José
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UADEC.
maximilianobautista@uadec.edu.mx

En el presente trabajo se realizó una interpretación sísmica 3D estructural de un campo petrolero en el Golfo de México, mediante sísmica de reflexión. La zona de interés de dicho campo petrolero son las rocas carbonatadas fracturadas del Jurásico – Cretácico, que componen el reservorio principal del campo. Para llevar a cabo esta investigación, inicialmente se generaron sismogramas sintéticos para correlacionar marcas de pozo con el cubo sísmico, con el fin de tener una correcta interpretación de horizontes y fallas en tiempo, el análisis de velocidades, la generación del modelo de velocidades, la conversión de tiempo a profundidad y por último generar el modelo estructural en profundidad del campo petrolero. Para la generación de sismogramas sintéticos se utilizó el software "SynTool", mientras que con ayuda de "DecisiónSpace Geophysics" de la plataforma "Landmark" se realizó la interpretación de horizontes y fallas en tiempo. En el área de estudio se identificaron 13 horizontes y 47 fallas normales e inversas. Seis de los horizontes identificados pertenecen al Mesozoico, incluyendo los domos de sal y siete pertenecen al Terciario en los cuales las velocidades varían entre 2 a 6 km/s. Dentro del Mesozoico se encuentran las rocas de interés ya que en el Jurásico Superior Kimmeridgiano se formaron las rocas generadoras constituidas por dolomías de color gris oscuro de grano grueso a fino con pedernal. Las rocas almacenadoras de hidrocarburos se formaron durante el Cretácico Inicial y están constituidas por dolomías de color crema claro a café claro, de grano fino a grueso, con textura de mudstone – wackestone. Las rocas del Terciario, generalmente son lutitas y actúan como sellos debido a su carácter impermeable. También se observan fallas normales de grandes extensiones. Las trampas prospectivas del campo se encuentran asociadas a anticlinales producto de domos salinos que ocasionaron bloques expulsados y como consecuente conjuntos de fallas inversas.

GP-5

ESTIMACIÓN DE ECUACIONES CARACTERÍSTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA

Reyes Hernández Mariana¹ y Coconi Morales Enrique²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²Instituto Mexicano del Petróleo
mar_909@hotmail.es

Los datos de núcleos obtenidos de muestras de rocas recuperadas de una formación de interés a una profundidad fija, proporcionan sus características fisicoquímicas y estructura geológica, con la finalidad de realizar análisis petrofísicos y geológicos. En el presente trabajo se ocupan aproximadamente 20 m de datos de núcleo, con mediciones de 10 diferentes propiedades Tmax (°C), S1 (mg HC/g Roca), S2 (mg HC/g Roca), S3 (mg HC/g Roca), PI, PC (% peso), TOC (% peso), HI (mg HC/g TOC), OI (mg CO2/ g TOC) y MINC (% peso). S1-2-3 se crean a través del proceso de la pirolisis que es la descomposición de materia orgánica por calentamiento en ausencia de oxígeno por lo tanto contienen una relación directa con la Temperatura máxima, por otra parte también se conoce una relación directa entre estos y el índice TOC (Carbono Orgánico Total) ya que estos forman parte de la ecuación que determina su porcentaje. Se realizaron relaciones en pares, de todas las propiedades de los datos proporcionados, buscando un primer comportamiento tendencial que fuera representativo de una forma de ecuación simple, para así poder evaluar su dependencia mutua por medio del error resultante que en este caso se tomó de 0 a 1, donde 1 representa una correlación del 100%. Estas ecuaciones fueron corroboradas para los casos donde el error superaba el valor de 0.5 ya que como se explicó antes, mientras más cercano sea el valor a 1 la correlación entre propiedades será más certera, por lo tanto al sustituir los datos originales

y graficando los datos resultantes y originales en el mismo gráfico, (siendo estas S2/PI con 0.57, PI/PC con 0.54, PI/TOC con 0.58, PC/TOC con 0.94, TOC/OI con 0.82, PC/OI con 0.77, PI/OI con 0.62, S2/PC con 0.99, S2/TOC con 0.93, S2/OI con 0.77, Tmax/HI con 0.56 y SI/MINC con 0.62), se pueden observar las diferencias de una mejor forma de un error de 0.5 a una de 0.9. Finalmente se realizaron diagramas ternarios de todas las propiedades en busca de obtener relaciones matemáticas representativas del comportamiento de propiedades físicas, para su posterior relación con los registros geofísicos de pozo.

GP-6

SISTEMA SAYDIT, UNA PLATAFORMA INTEGRAL PARA EL DICTAMEN TÉCNICO BAJO LA METODOLOGÍA VCD, ETAPA 1

Villalobos Luevanos Ernesto Jesús¹, Diego Ortiz Gonzalo² y García de la Cruz Juan Manuel²

¹PEMEX, Exploración y Producción

²Schulumberger

ernesto.jesus.villalobos@pemex.com

El sistema para la dictaminación de Modelos estáticos "SAYDIT" (Sistema de Análisis y Dictamen Técnico) está basado en la metodología VCD (Visualize, Conceptualize, Define) para el análisis y evaluación de estos de una forma interactiva. El sistema permite la colaboración de los especialistas en el proceso de análisis del modelo, no importando en donde se encuentren ubicados físicamente siempre y cuando estén conectados a la intranet de PEMEX. El flujo de trabajo consiste en analizar la información y los procesos con los que fue construido el modelo estático, así como los resultados que se obtienen al calcular el volumen original y probabilístico. Para facilitar el análisis primero se realiza la depuración y homologación de los elementos que componen al modelo, para lo cual el sistema presenta una guía interactiva desarrollada en la herramienta GURU. El análisis que presenta la metodología VCD, revisa todos los aspectos que se tienen que cubrir para la construcción del Modelo Estático, para lo cual se construyó una guía que, de forma interactiva desde la herramienta, permiten documentar los procesos realizados durante la creación del modelo, tanto en el modelo de celdas utilizando un Plugin desarrollado para Petrel como desde una página WEB. La arquitectura del sistema fue diseñada para realizar minería de datos desde la página WEB. Además, de calificar el modelo en los procesos de dictamen técnico y plan de desarrollo, de las asignaciones de extracción Los modelos estáticos de los Activos de PEMEX se almacenan en la base de datos STUDIO, bajo una estructura ordenada (Asignación, Activo y Subdirección) los modelos son realizados por los activos en la plataforma PETREL y administrados por la "Gerencia de Dictamen técnico de Proyectos de Exploración y Producción" Actualmente el sistema es utilizado por más de 500 usuarios y esta implementado en una primera etapa, donde están incluidas las disciplinas de: Geofísica, Petrofísica y Geología. A corto plazo se implementará de igual manera a la simulación numérica, y a mediano plazo se anexarán al sistema las demás disciplinas que complementan el proceso de producción (Instalaciones, producción, perforación, análisis económico)

GP-7

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS PARA MEJORAR LA EXPLORACIÓN-EXPLOTACIÓN PETROLERA DE LOS YACIMIENTOS EN LOS SISTEMAS SIN-OROGÉNICOS TURBIDÍFICOS PROGRADACIONALES EN LA CUENCA DE ANTEPAÍS DE CHICONTEPEC, MÉXICO

Arellano Gil Javier, Aguayo Camargo Joaquín Eduardo, Santillán Piña Noé y Barragán Gasca Fanny Astrid
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
arellano@unam.mx

La Cuenca de Chicontepec se ubica en el sureste de la Provincia Tampico-Misantla, en el centro-oriente de México. Es una cuenca foreland que se formó al frente del orógeno de la Sierra Madre Oriental como consecuencia de esfuerzos tectónicos producidos por la Orogenia Laramide, se desarrolló durante el Paleoceno-Eoceno sobre un basamento Jurásico-Cretácico sujeto a subsidencia termal. Se caracteriza por tener tres megasecuencias estratigráficas progradacionales mayores, que litológicamente se componen por un conjunto de sistemas turbidíficos sin-orogénicos de baja densidad, depositados bajo diferentes episodios tectono-sedimentarios y eustáticos. Son de ambiente marino batial formados en una zona con actividad tectónica que propició un espacio de acomodo suficiente para la sedimentación de una columna de areniscas y lutitas de más de 1800 m de espesor. Las megasecuencias son: a) Megasecuencia Inferior, del Paleoceno inferior y medio (65.5–60.4 Ma) se caracteriza por facies pasivas niveladoras de abanico externo y arcillosas del piso marino; b) Megasecuencia Media, de edad Paleoceno superior (60.4–54 Ma) se compone fundamentalmente de lóbulos arenosos de abanicos externos progradacionales y c) Megasecuencia Superior, del Eoceno inferior (54–46 Ma) se distingue por contener abanicos de transporte másico con derrumbes. Las rocas almacenadoras de mejor calidad son las que se formaron en los lóbulos de abanico externo de la Megasecuencia Media, compuestos por delgados lentes arenosos derivados de rocas calcáreas, los que se presentan dispersos y discontinuos; además son compactos y altamente cementados, micro-fracturados y con micro-vúrgulos. Los hidrocarburos fluyeron verticalmente de las rocas

generadoras del Cretácico (Formación Agua Nueva) y del Jurásico Superior (Formaciones Santiago, Tamán y Pimienta), a través de sistemas conjugados de fracturas y de fallas laterales de sistemas transtensivos; estas rutas de migración que sumadas a las discordancias que separan a las megasecuencias propiciaron la dispersión lateral de los hidrocarburos hacia los lentes arenosos. Las fallas, además de representar las principales rutas de migración, también segmentan a la secuencia turbidífica en múltiples bloques, lo que incrementa la complejidad de los yacimientos. La mayoría de los yacimientos son de hidrocarburos no convencionales, ya que se presentan en areniscas compactas en espesores delgados, por lo que para mejorar su explotación se requiere de la perforación de pozos direccionales y de fracturamiento inducido, tomando como base la geología de detalle para cada segmento de la cuenca, ya que lateral y verticalmente presenta grandes contrastes.

GP-8

EVALUACIÓN DE YACIMIENTOS USANDO NUEVA TECNOLOGÍA DE NEUTRONES PULSADOS EXTREMOS EN CAMPOS MADUROS

Solis Garces Alejandra y García Huerta Santiago

Petroleos Mexicanos, PEMEX

alejandrasolisgarces@gmail.com

En la evaluación del potencial productor de hidrocarburos en un yacimiento y la optimización del mismo, uno de los puntos críticos es determinar las propiedades físicas de las rocas y tipos de fluidos presentes en el yacimiento. La porosidad, litología y saturación de fluidos son algunas de las propiedades principales, las cuales impactan directamente en la estimación de reservas de hidrocarburos. En algunos casos no es posible la toma de información para la determinación de dichas propiedades en agujero descubierto, por lo que se hace necesario aplicar técnicas que permitan de manera efectiva la adquisición de información en agujero entubado. En este artículo se presenta un caso de estudio donde se analizó la eficiencia del registro de neutrones pulsados extremos, el cual permite determinar la saturación de fluidos presente en la formación, detectar hidrocarburos que se hayan omitido en evaluaciones originales, evaluar porosidad, litología y/o mineralogía entre otras aplicaciones. Como resultado de este análisis podemos concluir que la toma de información de los registros detrás de tubería es un factor fundamental que nos permite evaluar las reservas de hidrocarburos y facilita la toma de decisiones de manera más confiable para programar reparaciones a pozos.

GP-9 CARTEL

ESTIMACIÓN DE TORTUOSIDAD EN MICROGRAFÍAS DE ROCAS CLÁSTICAS

Briones Carrillo Jorge Alberto¹, Aguilar Madera Carlos Gilberto¹ y Soto Villalobos Roberto²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Autónoma de Nuevo León, UaNL

jorge.brionescr@uanl.edu.mx

Los estudios de las propiedades físicas de las rocas comúnmente se centran en numerosas expresiones semi-analíticas propuestas en la literatura, que intentan demostrar la relación que existe entre la porosidad, la tortuosidad y la permeabilidad, interés que esta basado principalmente en el análisis de reservorios clásticos relacionados con la industria petrolera. La tortuosidad se define como un parámetro geométrico que describe la longitud media de las vías de flujo de partículas microscópicas en medios porosos con respecto al flujo libre. Para la estimación de parámetros petrofísicos, existen métodos directos orientados a la visualización del sistema poroso (simple vista, microscopía óptica, microscopía electrónica, etc.), y métodos indirectos basados en técnicas experimentales que permiten cuantificar los espacios porosos (inyección de fluidos, pesada hidrostática, inyección de mercurio, etc.). En el presente trabajo se analizaron, en micrografías digitales de láminas delgadas, areniscas provenientes de la formación Wilcox de edad Paleoceno, ubicada al noreste de México en la cuenca de Burgos, región geológica perteneciente a la planicie costera del Golfo de México. El objetivo de esto es el desarrollo de herramientas computacionales que permitan la estimación de la tortuosidad a partir del tratamiento digital de las micrografías digitales. Como lenguaje de programación se utiliza R-Studio, el cual cuenta con paquetes avanzados para procesamiento de imágenes y es de acceso libre.

GP-10 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESTRATIGRÁFICO DE LA FORMACIÓN LA PEÑA, HACIENDO USO DE REGISTROS ELÉCTRICOS, AL NORESTE DE LA CUENCA DE SABINAS, COAH

Fariás González Miguel Ángel, Castillo Enríquez Mónica Alejandra, Lucas Rodríguez Christian, Batista Rodríguez José Alberto y Gaytan Espinoza Alexis
Universidad Autónoma De Coahuila, UADEC
 miguel.fariasvq@gmail.com

En la exploración y desarrollo de reservas de hidrocarburos, los registros de pozo y su correlación se constituyen en herramientas fundamentales en la evaluación y caracterización del yacimiento (Bassiouni, 1994# Ryder, 1996# Serra 1985). Los registros de pozos permiten la valoración de ciertas características y propiedades de las formaciones que son perforadas. Entre las principales características que se pueden valorar a partir de los registros de pozo se tienen la resistividad, nivel de saturación de agua, grado de consolidación, porosidad, litología, etc. Por otro lado, la correlación de registros entre pozos consiste en establecer comparaciones entre los patrones de comportamiento de las curvas en los registros para un punto o zona específica en el hueco registrado con el fin de establecer la continuidad, espesor, y movimientos estructurales de las diferentes formaciones de interés a lo largo y ancho de la estructura en exploración y explotación (Dienes, 1974# Ruiz, 1996# Valle y Pérez, 1976). Por lo tanto, el estudio estratigráfico de la parte noreste de la Cuenca de Sabinas, específicamente de las formaciones La Peña surgió de la necesidad de confirmar la continuidad de las formaciones geológicas que caracterizan el noreste de la cuenca Sabinas, e identificar las tendencias de distribución areal. El resultado de ello, generación de mapas de isocoras que sirvieron para analizar con mayor confiabilidad, la reconstrucción de análisis regionales de facies, permitiendo a su vez un mejor entendimiento en el comportamiento geológico y la disminución del grado de incertidumbre en el área.

GP-11 CARTEL

IMPORTANCIA DE LOS MODELOS DE VELOCIDADES GENERADOS A PARTIR DE IMÁGENES SÍSMICAS DE REFLEXIÓN EN LA PROSPECCIÓN DE HIDROCARBUROS

Maldonado Castillo Julio Cesar, Bautista Hernández Maximiliano, Guajardo Lara Juan José y Villarreal Pérez Zamira
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UADEC.
 julio_23_98@hotmail.com

El presente estudio analiza la importancia de los modelos de velocidades generados a partir del procesamiento de imágenes sísmicas de reflexión, aplicando en ellas conversiones tiempo-profundidad para determinar el espesor de estratos/horizontes de interés, así mismo, interpretar el comportamiento geológico y estructural de la zona de estudio. Para el desarrollo del proyecto se seleccionó una zona del noreste de México, en la cual el proceso efectuado de caracterización sísmico-estructural comprendió desde el análisis de las características del volumen sísmico previamente procesado, la calibración sísmica-pozo mediante la generación de sismogramas sintéticos. Posteriormente, se llevó a cabo la interpretación de horizontes y fallas en tiempo, el análisis de velocidades, la generación del modelo de velocidades, la conversión tiempo a profundidad y así hasta llegar al modelo estructural en profundidad del campo. Se obtuvo un modelo de velocidades compuesto fundamentalmente por 9 estratos de los cuales cinco pertenecen al Terciario y cuatro al Mesozoico, los espesores varían entre los 370 y 1330 metros, las velocidades oscilan entre 2.2 y 6 km/s, se lograron identificar 37 fallas (normales e inversas) algunas fueron generadas por la presencia de un domo salino. La roca almacén de hidrocarburo se encuentra entre los horizontes de edad cretácica siendo la zona de mayor interés para el estudio. Los resultados nos confirman que este tipo de modelos son de gran importancia para conocer la geología a profundidad del área de estudio, reduciendo la incertidumbre en la exploración de yacimientos, de igual forma inferir las posibles trampas petrolíferas presentes y las estructuras que pudieran generar un problema al momento de la explotación del hidrocarburo.

GP-12 CARTEL

INTERPRETACIÓN DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS APLICADOS A UN CAMPO PETROLERO

Avilez Cruz Francisco Javier, Bautista Hernández Maximiliano, Guajardo Lara Juan José, Ibarra Vázquez Jorge Alejandro, Maldonado Castillo Julio Cesar y Villarreal Pérez Zamira
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UADEC.
 paco.avilez@outlook.com

Los registros geofísicos de pozos son técnicas que se utilizan para determinar propiedades y parámetros físicos de las formaciones ya que estos tienen como objetivo determinar parámetros que permiten tener una noción de las propiedades de las rocas como porosidad, volumen de arcilla y saturación de fluidos, así como definir la litología predominante. El objetivo principal del presente estudio se enfocó en la descripción de aspectos geológicos de una sección estratigráfica conformada por 4 pozos de los cuales se obtuvieron registros geofísicos como gamma ray, resistividad y densidad neutrón, esta secuencia estratigráfica se ubica al sur del

golfo de México, dicha sección fue atravesada por los pozos A, B, C y D, cuyos objetivos principales estaban orientados a las rocas carbonatadas fracturadas del Jurásico – Cretácico, que componen el reservorio principal del campo. En el área de estudio se identificaron 17 horizontes, de los cuales doce pertenecen a la edad Terciaria y cinco al Mesozoico. En los horizontes del Mesozoico podemos encontrar estratos de rocas carbonatadas con un espesor que varía entre los 100 y 280 metros, mientras que en los espesores de la edad Terciaria tenemos variaciones más significativas las cuales van desde los 100 hasta los 980 metros, esto relacionado a los eventos de deposición en la cuenca petrolífera. Con el apoyo del registro geofísico de resistividad podemos determinar el tipo de fluido en la formación de yacimiento, con los registros de gamma ray y densidad podemos calcular el volumen de arcilla, el registro densidad neutrón nos ayuda a obtener los valores de porosidad con los cuales podemos indicar que estratos o secciones del pozo son óptimos para su explotación, en conclusión la suma de estos resultados nos confirman que este tipo de interpretaciones son de gran importancia para determinar de manera casi directa parámetros físicos de las formaciones del área de estudio.

GP-13 CARTEL

ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE CARBÓN A PARTIR DEL MODELADO ARCGIS, CUENCA DE SABINAS, MÉXICO

Borjón Hernández Yolanda Dannali y Enciso Cárdenas Juan Josue
Universidad Autónoma de Coahuila
 dannabh@outlook.com

La Cuenca de Sabinas se localiza en el Noreste de México, en la parte central del Estado de Coahuila y occidental de Nuevo León.; comprende un área de 37000 km². Es una cuenca sedimentaria mesozoica, con un espesor de más de 5 000 m de rocas depositadas en ambiente marino, su historia de formación está relacionada con la apertura del Golfo de México en el Jurásico Medio, su extinción y deformación se debió al levantamiento tectónico laramídico, en el Paleógeno (Eguiluz, 2000). Desde el punto de vista petrolero, se encuentran diversos yacimientos de hidrocarburos (gas, shale gas y carbón), asociados a principalmente a rocas generadoras de edad Jurásico superior-Cretácico (Padilla y Sánchez, 1986; Santamaría-Orozco, et al., 1991; Michalzik y Schumann, 1994; Rueda-Gaxiola, 1998; Eguiluz de Antuñano, 2001). Los primeros estudios geológicos de la cuenca de Sabinas corresponden a Boese y Cavin (1927), Mullerried (1927), Burckhardt (1930) quienes realizan la primera descripción de las unidades estratigráficas que conforman la cuenca y les asignan edades de acuerdo a unidades cronológicas europeas; Imlay (1940) introduce los nombres de las principales formaciones. La Fm. Olmos (Maastrichtiano), atribuida como la formación del carbón, ha sido considerada como un recurso favorable para la exploración y explotación de carbón (Barboza et al., 1997). Unidad de importancia dentro del play generador de gas-carbón (Eguiluz y Amezcua, 2003). Diversos autores han estimado recursos de carbón, (Corona-Esquivel et al, 2006) propuso un volumen de 1,200 millones de toneladas de carbón para la Cuenca de Sabinas, (De la O Burrola, 2013), en su de tesis de doctorado, estimó reservas en el orden de 13,300 millones de toneladas y Aldebarán Hinojosa (2017) 13,800 millones de toneladas. Es evidente que esta discrepancia disminuye la certidumbre sobre la estimación de los recursos de gas disponibles en la Fm. Olmos. El objetivo de este trabajo se enfoca en el estudio y caracterización de muestras de carbón a través de análisis de densidad. Estos resultados nos permitirán obtener una base de datos para construir un modelo utilizando el la herramienta de Software ArcGIS® y proponer una estimación más precisa de los recursos disponibles de carbón para la Cuenca de Sabinas, que a su vez sirvan de base para la obtención de un cálculo con mayor certidumbre al momento de la evaluación de reservas de gas asociado al carbón para su posible desarrollo en la Cuenca de Sabinas.

GP-14 CARTEL

APLICACIÓN DE “FLOW BASED CONNECTIVITY CALCULATION” (FBCC) PARA ESTIMAR LÍNEAS DE FLUJO DE MANERA PROBABILISTA UTILIZANDO DATOS ESTÁTICOS EN UN MODELO DE CELDAS DEL CAMPO AYATSIL

Villalobos Luevanos Ernesto Jesús¹ y Diego Ortiz Gonzalo²
¹PEMEX. Exploración y Producción
²Schulumberger
 ernesto.jesus.villalobos@pemex.com

El presente trabajo tiene como objetivo obtener de manera ágil y confiable el volumen conectado de fluidos de manera probabilística en un yacimiento del Cretácico Superior, integrando información estática (porosidad y permeabilidad) para determinar las zonas con mejor potencial en un modelo de celdas. Se seleccionó al yacimiento Cretácico Superior Brecha del campo Ayatsil, por tener el mínimo de requerimientos que se necesitan para que el Plugin “Geoscreening” de la herramienta Petrel funcionen: Poblado de porosidad, poblado de permeabilidad, y propuesta de campos a perforar. El Plug-in “Geoscreening”, aplica la metodología “Flow Based Connectivity Calculation (FBCC)” la cual combina los escenarios obtenidos de Porosidad y Permeabilidad en la parte estática con los criterios dinámicos de conectividad y eficiencia de barrido para crear escenarios de líneas de flujos, por donde viajara el hidrocarburo desde un punto de origen hasta un

punto de destino De manera probabilista, al aplicar este flujo de trabajo es posible estimar el volumen conectado de fluidos dentro del yacimiento, conocer el posible desplazamiento que tendrá el fluido de pozos inyectores a pozos productores y visualizar las variables de mayor impacto en la estimación del volumen original de hidrocarburos y el volumen conectado Las líneas de flujo que muestran el volumen conectado de hidrocarburos se obtienen en un modelo tridimensional, del cual se pueden obtener mapas donde se identifican las zonas con mayor potencial para la extracción de hidrocarburos

GP-15 CARTEL

ESTIMACIÓN DE TORTUOSIDAD SIMULANDO CAMINATAS DE PARTÍCULAS EN DIFERENTES GEOMETRÍAS REGULARES

Jurado Yesenia, Medellín Villalobos Karla Isela, Torres Dueñas Cristina
Lizbeth, Briones Carrillo Jorge Alberto y Soto Villalobos Roberto
Facultad de Ciencias de la Tierra, FCT
juradoyesenia99@gmail.com

La tortuosidad se puede definir como la relación de la distancia real recorrida entre dos puntos, incluida cualquier curva encontrada, dividida por la distancia en línea recta, es uno de los principales parámetros que involucran la conductividad eléctrica e hidráulica, estos son propiedades físicas de un medio poroso. Para este trabajo se utilizaron geometrías con porosidad efectiva. Por lo tanto, se construyó una geometría por medio de polígonos regulares dejando huecos entre sí. Esto es una técnica que mejora la calidad y los detalles con el que se representan los objetos. Para crear estas geometrías se utilizaron funciones matemáticas, a través de un programa que genera imágenes en tiempo real representando el medio poroso. Estos estudios se podrán aplicar posteriormente en rocas para estimar sus propiedades físicas principalmente la conductividad hidráulica y porosidad, ya que estos parámetros son de gran importancia en las ciencias de la tierra, pero principalmente en la explotación de yacimientos petroleros. El programa realizado, es capaz de estimar la tortuosidad, sin necesidad de resolver ecuaciones gobernantes de flujo, además de mostrar un modelo de cómo se vería el movimiento de partículas, todo se realizó por medio de un software de programación R.

GP-16 CARTEL

NATURALLY FRACTURED RESERVOIRS, PETROPHYSICAL AND TYPE OF ROCK ANALYSIS

Montiel López María Magdalena¹ y Osorio Santiago Erick²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²PEMEX
magdapf194@gmail.com

The basic petrophysics evaluation allows an approximation to characterize the reservoir, but techniques have been perfected to describe in detail the system rock-pores-fluid, considering the heterogeneity (complexity) of the reservoir and porous systems that can be presented, such as: matrix-fracture, matrix-vugs, matrix-vugs-fractures, only fractures or only vugs or matrix. The discretization of porosity considers the heterogeneity of the carbonated and fractured reservoirs, it consists in differentiating that fraction of porosity corresponds to matrix and which to fractures and/or vugs, by means of conventional well logs or special logs as images, and for achieve it starts with a model of variable cementing exponent (mv) that takes into account these types of porosities and is based on an algorithm that handles scales associated with each matrix, vug or fracture so that you can to determine more realistically the cementation exponents for the compound system to be analyzed. Having an adequate model of porosity is useful when we define the best interval to shoot. There are multiple methods to construct the m variable model; in this work the Gómez Rivero and Aguilera models are addressed. The evaluation of the type of rock is and other qualitative analysis with the effective porosity and permeability using the Winland plot, which allows knowing the quality of the rock in the reservoir. In this work, the petrophysics evaluation is carried out to build the clay volume, porosity, water saturation and permeability. In a second stage a model of m variable was applied for the discretization of the porosity and the type and quality of rock present is classified by means of the Winland and Lucia plots. In a third, the cutoff values were determined to visualize the net thicknesses, calculate a Volume of Hydrocarbons and propose the charges intervals.

GP-17 CARTEL

DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN A PARTIR DE UN MODELO ESTÁTICO

Ponce Pacheco Alejandro¹ y Osorio Santiago Erick²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²PEMEX
poncepacheco@outlook.com

El proyecto propone un modelo geocelular generado a partir un proceso secuencial el cual toma como insumo datos obtenidos de pozo (coordenadas superficiales XY, trayectorias, registros geofísicos de pozo, columnas estratigráficas, sísmica e interpretaciones de horizontes y fallas). Una vez integrada la información se

procede a modelar las fallas que conforman el marco estructural del yacimiento, posteriormente, se define el área total del modelo y se integran los horizontes que delimitan verticalmente el modelo y se establece el tamaño de celda horizontalmente. Se divide la malla verticalmente en zonas que se obtienen de la interpretación de los registros y análisis petrofísicos de los pozos, que a su vez se subdividen en capas que definen el espesor de las celdas, para realizar dicho proceso se analizan los registros a nivel de pozo considerando las zonas de contenido de hidrocarburos con el fin de obtener el número óptimo de capas sin perder la resolución vertical de los modelos petrofísicos. Esta malla sirve como base para integrar las propiedades de la evaluación petrofísica de los pozos (PHIE y SW), empleando algoritmos geoestadísticos para calcular el volumen original contenido en un yacimiento. El modelado de propiedades petrofísicas, se realizó integrando las curvas de la porosidad efectiva y la saturación de agua dentro de la malla tridimensional por medio de algoritmos geoestadísticos, que sustentan la variación de valores entre celda y celda, manteniéndose representativos los datos de los pozos. Una de las principales aplicaciones del modelo estático es para certificar reservas y realizar un plan de desarrollo, localizando pozos futuros donde se obtengan mejores propiedades de la roca y así mitigar riesgos en la perforación y extracción debido a las características de la roca almacén.

GP-18 CARTEL

PETROFISICA BASICA DE ROCAS ANALOGAS A YACIMIENTOS NATURALMENTE FRACTURADOS Y SU UTILIDAD EN ESTUDIOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA: EL CASO PPG

Matías Pérez Víctor, Flores Cano José V. y Aguilar Madera Carlos Gilberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
yeitoxtli@yahoo.com.mx

Se presenta un análisis de porosidad y permeabilidad absoluta de muestras de rocas provenientes de la Formación Cupido en el noreste de México y que son análogas a las de yacimientos naturalmente fracturados que se encuentran en la sonda de Campeche. También se muestra un experimento que utiliza este tipo de rocas para pruebas de recuperación mejorada de hidrocarburos. En particular, se emplea partículas preformadas de gel o PPG que son óptimas para el control en yacimientos petroleros fracturados carbonatados que tienen alta tasa de corte de agua.

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizadores:

Luca Ferrari

José Rosas-Elguera

GET-1

EL CASO DE LA PLACA DE RIVERA: UNA PLACA MARINA CON DOS PROCESOS DE SUBDUCCIÓN DIFERENTESÁlvarez Román¹, Corbo Fernando¹ y Yutis Vsevolod²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²IPICYT

ralva@prodigy.net.mx

La placa de Rivera presenta ángulos de subducción de ~50° desde Manzanillo hasta Bahía de Banderas. Un par de estudios han determinado que al término de la bahía la placa cambia bruscamente a una subducción casi vertical por un efecto de "roll-back". En cambio, hay evidencias de que la placa en la región de las Islas Marías presenta un ángulo de subducción de alrededor de 30°; estas evidencias son principalmente sísmicas. La extensión de esta placa marina somera en la región de la cuenca de San Blas no está bien determinada, pues los estudios sísmicos que midieron los espesores de corteza en esa zona no atendieron el problema de la placa en subducción. Presentamos una sección magnetotélrica (MT) de 220 km apoyada por un modelo gravimétrico, que se extiende en la dirección NW-SE desde la Isla Isabel pasa por el Valle de Banderas y penetra 110 km en el Bloque de Jalisco. Entre la Isla Isabel y la costa de Nayarit se observa una buena correlación entre el espesor de corteza obtenido con datos sísmicos, el que se obtiene con la interpretación MT y el correspondiente al modelo gravimétrico. En esa zona, inferimos la placa marina con un espesor de 6-7 km, por debajo de la corteza, a profundidades corticales que varían desde 28 km cerca de la costa hasta 15 km bajo la Isla Isabel, debido al adelgazamiento de la corteza en esa zona; esto es, mientras más al NW más delgada la corteza. Dicha placa se interrumpe cerca de la costa, en donde se localiza un cuerpo resistivo de 45 km de profundidad y 35 km a lo largo del perfil; este cuerpo termina en el río Ameca, en el Valle de Banderas. Desde ese río el perfil se extiende otros 80 km dentro del Bloque de Jalisco; en los primeros 60 km no se observan indicios de una placa marina a profundidad, en concordancia con la sección de "roll-back" inferida por los estudios sísmicos y MT, que por hundirse verticalmente no alcanza a afectar la parte correspondiente a la sección que aquí presentamos. La ausencia de placa está definida por cuatro estaciones MT con penetraciones de 50 km. Una quinta estación en el extremo SE intersepta una zona de baja resistividad eléctrica a 30-40 km de profundidad que interpretamos como migración de fluidos expulsados por la placa marina, posiblemente incluyendo material parcialmente fundido, y que corresponde correctamente con otra sección MT previamente publicada. Estas observaciones aportan evidencias sobre la extensión de una placa marina al norte de Bahía de Banderas hasta las Islas Marías y al E hasta la costa de Nayarit que, aunque corresponde a la Placa de Rivera tiene un ángulo de subducción y una sismicidad radicalmente diferentes a la sección que va de Bahía de Banderas a Manzanillo. La separación de la península de Baja California parece estar indisolublemente asociada a estas diferencias.

GET-2

SEAMOUNT SUBDUCTION BENEATH THE CONTINENTAL SLOPE OFF MANZANILLO: SEAFLOOR MORPHOLOGY, SHALLOW SUBSURFACE STRUCTURE AND MAGNETIC SIGNATUREBandy William¹, Mortera Gutiérrez Carlos A.² y Pérez Calderón Daniel²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

bandy@geofisica.unam.mx

To better understand the process of seamount subduction and its effects on the continental slope offshore of Manzanillo, multibeam bathymetric data collected during the MORTIC07 campaign of UNAM's research vessel the B.O. El Puma using the Kongsberg EM300 multibeam echosounder were reprocessed and combined with bathymetric data collected more recently during the JGAP2013 campaign of the B.O. EL Puma. The combined data set provides for the first time a complete multibeam coverage of the seafloor overlying the subducted seamount and its surrounding area. The spatial resolution of these data ranges from 10 to 25 meters, depending on the water depth. These data along with magnetic and sub bottom seismic data collected concurrently with the bathymetric data reveals the complex fault geometry, shallow subsurface structures and magnetic signature associated with this collision and subsequent subduction of the seamount presently located beneath the continental slope offshore of Manzanillo.

GET-3

DEVELOPMENT OF DETACHMENT FOLDS IN THE MEXICAN RIDGES FOLDBELT, WESTERN GULF OF MEXICO BASINYarbu Ismael¹, González Fernández Antonio², Spelz-MaderoRonald¹, Negrete-Aranda Raquel² y Contreras Juan²¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
uyarbu@uabc.edu.mx

Examples of natural folds growing in a homogenous mechanical stratigraphy of alternating competent and incompetent thin layers of fine- and coarse-grained sediments are examined, and the fold growth process is quantified. Our analysis reveals that the overall response to loading of siliciclastic sequences corresponds to that of flexural flow and parallel-to-bedding heterogeneous pure shear. Folds start out as low-amplitude sinusoidal disturbances that rapidly become finite-amplitude folds of heterogeneous strain. We also derive the following scaling relations: (i) degree of amplification scales with both the height above the detachment and strain, (ii) wavelength selectivity broadens with increasing strain, and (iii) deposition of syn-sedimentary geometries is function of strain. These relations are a natural consequence of idealized area-preserving laws of fold growth. From these results we devise a method to estimate fold strain by means of an amplitude versus depth diagram. We are also able to define a progression of fold shape change as a function of the fundamental parameter strain. Initially, structures grow by limb rotation and the selective amplification of a single dominant wavelength giving rise to sinusoidal folds. When strain reaches ~8%, softening/plastic yielding around hinges results in the development of sharp fold profiles. Limbs lock their dips at 35°–45°, suggesting that growth in this stage is permitted by hinge mobility along ramps and blind faults. Moreover, hinge migration causes fold development to accelerate spontaneously. These findings suggest that conclusions relating periods of accelerated erosion/uplift in contractional structures to tectonic processes should be treated with caution.

GET-4

EVENTOS TRANSCURRENTES PERSISTENTES EN LA CUENCA TAMPICO MISANTLA

Medina Romero Erik, Levresse Gilles, Cerca Martínez

Mariano y Nieto Samaniego Ángel Francisco

Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla

emedinar83@gmail.com

En este trabajo se presenta una nueva interpretación de secciones sísmicas disponibles en la parte central-sur de la cuenca Tampico-Misantla que sugieren la presencia de dos zonas de falla transcurrentes. Para la interpretación se tomó en cuenta la cronoestratigrafía de pozos en la zona y se definieron reflectores guías que permiten tener una buena definición en el tiempo de las estructuras. Las secciones analizadas muestran las siguientes características: a) Un basamento cuya señal sísmica es de mala calidad. Sin embargo, se puede interpretar un evento transtensivo que desarrolló grabens y horsts. b) Por encima del basamento se depositó una secuencia formada por evaporitas y lutitas calcáreas de comportamiento mecánico dúctil. Durante la Orogenia Laramide estas rocas se plegaron intensamente y constituyeron horizontes de despegue de las formaciones suprayacentes. c) Durante el Cretácico se depositó una secuencia sedimentaria carbonatada que desarrolló pliegues suaves durante el evento compresivo. d) Finalmente, en el Terciario se generó una cuenca de ante-país rellena por sedimentos de abanicos submarinos y depósitos originados por colapsos gravitacionales en los que se observan fallas normales en la porción occidental e inversas en la porción oriental. e) El rasgo estructural más sobresaliente es la presencia de dos zonas de cizalla en las que predominan planos verticales que son interpretadas como fallas de rumbo y definen estructuras de flor positiva. Estas estructuras se reactivaron en distintos episodios de deformación a partir del Cretácico Superior. Existen otros reportes de reactivación de estas fallas en diferentes periodos desde su formación hasta el presente. El último evento en el que las estructuras estuvieron activas no se puede determinar en las secciones debido a la incertidumbre generada por la mala calidad de la señal sísmica en los sedimentos del Neógeno. En un entorno regional, se han reportado fallas de tipo lateral izquierdo que se formaron en el Jurásico durante la apertura del Golfo de México (Pindell y Kennan, 2009; entre otros). Cuenas de tipo pull-apart formadas durante el Jurásico y Cretácico generaron la paleogeografía de altos y bajos de basamento en la Plataforma de Coahuila, Cuenca de Sabinas, Plataforma Valles-San Luis y Archipiélago de Tamaulipas. Los bordes de estos altos estructurales ayudaron a localizar la deformación de acortamiento en el frente de cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental. Los datos reportados del estado de esfuerzos actual sugieren un entorno propicio para la reactivación lateral de las fallas jurásicas, y nuestra interpretación de las secciones apoya esta idea.

GET-5

ESTRUCTURA DE UN SEGMENTO DE LA ZONA DE FALLA CERRO PRIETO AL SURESTE DE LA SIERRA CUCAPAH, BAJA CALIFORNIA, A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN

González Escobar Mario¹, Martín Barajas Arturo¹ y Mares Miguel Ángel²¹CICESE²Peñoles

mgonzalez@cicese.mx

La zona de deformación de la falla Cerro Prieto en el noreste de Baja California, abarca una franja de un ancho de ~30 Km, bajo la planicie deltaica del río Colorado. En un sector de esta franja, la arquitectura y distribución de estructuras se interpretaron en imágenes del subsuelo obtenidas con datos sísmicos de reflexión 2D con perfiles quebrados. Estas imágenes muestran la existencia de estructuras, algunas de ellas hasta ahora desconocidas. Entre las fallas más relevantes se tienen: La Puerta, Sonora y Nayarit. La falla La Puerta solo aparece en un perfil por lo que estimar el rumbo no es posible, sin embargo, por lo que conocemos de esta región, consideramos que su rumbo es norte-sur con caída al este, mientras que la Sonora y Nayarit con azimut 3050 y 3070, tienen buzamientos al suroeste y noreste respectivamente. La geometría de estas dos fallas es debido a la presencia de un alto estructural entre estas que corre con rumbo noroeste-sureste y presenta una tendencia hacia el sureste de interceptarse con la falla Cerro Prieto. Esta falla se observa en los perfiles por la interrupción abrupta de un basamento acústico somero al oeste y la presencia de un gran paquete de sismorelectores al este que representan los sedimentos y que van en profundidad más allá de la resolución de los datos (> 5km), por lo que proveen información de la arquitectura en el borde oeste del Pull-Apart Cerro Prieto. El basamento acústico somero al oeste representado por un alto estructural, está basculado hacia la Sierra, lo cual significaría que este bloque se está levantando más en la vecindad de la Falla Cerro Prieto que hacia la zona de Sierra, lo cual nos estaría diciendo que se tiene una forma incipiente del levantamiento del basamento. La resultados observados dejan evidencia de que existe estructuras sepultadas por los sedimentos que alteran la comprensión actual de la transferencia de esfuerzos y la dinámica de la ruptura en la región, lo cual proporciona restricciones importantes respecto al rol que juegan en el marco tectónico y no dejan comprender el peligro sísmico que representan para la región del Valle de Mexicali en cuanto a modelos estructurales y simulación de movimientos fuertes.

GET-6

DEFINIENDO LA ESTRUCTURA DEL PULL-APART DE LAS CUENCAS DELFÍN EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: INTERPRETACIÓN DE PERFILES DE REFLEXIÓN SÍSMICA

Téllez Velázquez Gabriela, Martín Barajas Arturo y González Escobar Mario

Centro de investigación científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gtellez@cicese.edu.mx

Las cuencas Delfín Superior y Delfín Inferior forman una estructura pull-apart del sistema activo de cuencas y fallas transformantes, que acomodan la deformación transtensional en el rift del Golfo de California. En el norte, los depósitos deltaicos del río Colorado muestran la evolución de las fallas y los depocentros que controlaron la deformación y acomodaron la subsidencia, respectivamente. En este trabajo re-interpretamos la estructura de las cuencas Delfín a partir de una malla combinada de sísmica de reflexión adquirida por Pemex entre 1978-1981 y sísmica de alta resolución de la campaña Ulloa99 adquirida por CICESE (Persaud et al., 2003). Nuestros resultados indican que la zona de cizalla Tepoca es el límite oriental de las cuencas Delfín, y se define por segmentos de falla de 20 a 30 km de longitud, sub-paralelos con rumbo al NW 30°. Estas fallas de rumbo cortan el flanco W de un alto estructural de 15-30 km de ancho orientado NW-SE. El límite suroccidental del pull-apart es la zona de fractura Volcanes, también definida con segmentos de falla de ~10 km de longitud en un arreglo sub-paralelo y que cortan el margen peninsular. El desplazamiento lateral en las zonas de falla Tepoca y Volcanes, está evidenciado por estructuras en flor negativa y por cambios laterales de facies sísmicas a través de las fallas. La zona de fractura Volcanes muestra actividad volcánica submarina y zonas de blanqueamiento hidrotermal. Los depocentros de las subcuencas Delfín forman minicuencas separadas por estructuras antiformentes profundas y patrones de fallas normales de orientación NE-SW, que cambian de orientación a N-S en la proximidad de las dos zonas de cizalla que limitan las cuencas Delfín. La interpretación de las secuencias sísmicas profundas (3-4.5s, TDV) sugiere que los primeros depocentros se desarrollaron en la parte central y este de la cuenca Delfín Superior, mientras que las secuencias sísmicas más jóvenes indican que esos depocentros se propagaron hacia el noreste y suroeste, lo que también incluyó el desarrollo de la cuenca Delfín Inferior por la activación de la falla transformante Canal de Ballenas a fines del Plioceno. Las secuencias sísmicas más recientes representan la configuración actual de las cuencas Delfín, que definen un pull-apart activo de ~70 km de ancho entre las dos zonas de cizalla lateral, mientras que la configuración del basamento acústico solo permite un máximo de ~85 km de separación continental en este segmento del rift.

GET-7

ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DE LA REGIÓN CENTRAL DE ISLA ÁNGEL DE LA GUARDA: EVIDENCIAS DEL INICIO DE LA EXTENSIÓN EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Hernández Javier¹, Martín Barajas Arturo¹, Stock Joann², Weber Bodo³, López Martínez Margarita⁴, Frei Dirk⁵ y Cavazos Jaime⁴¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Caltech³Stellenbosch University, Western Cape, South Africa⁴Centro de Geociencias, UNAM

jhernandez@cicese.edu.mx

Isla Ángel de la Guarda es un bloque continental tectónicamente aislado entre las fallas transformantes Tiburón y Canal de Ballenas en el centro del Golfo de California. La isla contiene un registro estratigráfico del Mioceno-Plioceno que consiste en tres secuencias volcanosedimentarias con relaciones discordantes entre sí, y que sobreyacen a un basamento metasedimentario y una tonalita cretácica(?). La secuencia inferior (Ts1) consiste en una litarenita feldespática (Ts0) bien clasificada con facies conglomeráticas subordinadas. Ts0 es pre-volcánica y está intrusada por domos dacíticos de hornblenda (Td1) y subyace a un conglomerado polimítico fluvial (Ts1), que está cubierto por al menos dos flujos de lava andesítica (Ta1) con edad de cristalización de 16.4±0.2 Ma (U/Pb, zr). La edad máxima de Ts0 es de ~25 Ma definida con la datación de circones detríticos (LA-ICPMS). La secuencia intermedia (Ts2) consiste en una brecha y conglomerado monomíticos de fuente local en los domos dacíticos y con transporte al oeste. Ts2 presenta en la base una toba soldada (Tmsf) datada en ~11.8±0.2 Ma (40Ar/39Ar, san), y la cima de Ts2 está definida por flujos de una segunda lava andesítica (Ta2) con una edad de 7.2±0.1 Ma (40Ar/39Ar, wr). Este intervalo es consistente con la edad de las lavas riolíticas (Tr2) de 10.4±0.1 Ma (40Ar/39Ar, pl) en la parte media de Ts2. La secuencia superior (Ts3) comprende un conglomerado polimítico arenoso que contiene al menos cuatro tefras de lapilli pumítico interpretadas como depósitos piroclásticos de caída. Ts3 también contiene en su base una toba lítica (Ts3t) con una edad radiométrica de ~6.4±0.3 Ma (40Ar/39Ar, hb), lo cual es consistente con una edad de ~5.9±0.3 Ma de una lava dacítica (Td3) que define la cima de Ts3. La orientación y vergencia de las fallas, y la magnitud del basculamiento de estas tres secuencias indican dos dominios estructurales; el dominio I abarca la mayor parte de la cuenca central, zona centro, sur y oriente. El dominio II corresponde únicamente al extremo noroeste, en donde se presenta un cambio en la dirección de basculamiento de las secuencias. Ambos dominios están cortados por un patrón de fallas normales de orientación N-NW con caída al oriente y poniente, respectivamente. Las fallas basculan de forma decreciente a las secuencias de la base a la cima. En el dominio I las secuencias Ts1 y Ts2 presentan el mismo basculamiento de 24-25° al oeste, mientras que Ts3 está basculada ~17° al oeste. En contraste, en el dominio II Ts1 (>12 Ma) está basculada ~31° al este, en cambio las secuencias Ts2 y Ts3 están similarmente basculadas de 17-18° al este. Estos resultados indican que el inicio de la extensión en el dominio I es posterior a los 12 Ma y que posiblemente está relacionado a la deformación en la cuenca Tiburón. Sin embargo, en el dominio II la secuencia inferior indica que la extensión inició localmente entre 16 y 12 Ma.

GET-8

MODELO DE EVOLUCIÓN TECTONO-ESTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA PESCADERO, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Ramírez Zerpa Nestor Ali¹, Spelz-Madero Ronald¹, González Fernández Antonio², Yarbuh Ismael³ y Contreras Juan²¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC²Departamento 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 estas estructuras acomodan una deformación oblicuo-divergente la cual caracteriza el régimen tectónico moderno de apertura del Golfo de California. Cuenca Pescadero, en el sur del Golfo de California, es una cuenca pull apart asimétrica creada a partir de la apertura del rift continental que dio origen al golfo en el Mioceno Medio-Superior. La compleja dinámica tectónica de la región, donde se conjugan procesos extensivos y transpresivos ha provocado que la evolución de la cuenca esté gobernada por la interacción de una fuerte deformación, sistemas depositacionales de aguas profundas y magmatismo activo. La comunidad científica ha mostrado un particular interés en Cuenca Pescadero a raíz de que expediciones científicas lideradas por MBARI en 2012 y 2015 descubrieron chimeneas hidrotermales en la región de Pescadero Sur, las cuales conforman un complejo hidrotermal bautizado con el nombre de Auka. La región cuenta con una cobertura de datos de sísmica de reflexión levantados por CICESE y Scripps Institution of Oceanography en 2006. También están disponibles ~50 km de sísmica de reflexión monocanal levantados por el equipo de MBARI en 2015 en los alrededores del campo hidrotermal Auka. Cuenca Pescadero es 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 se desarrolla un modelo de evolución tectono-estratigráfico de la cuenca con el objetivo de analizar los procesos geológicos involucrados en su formación y geohistoria. El modelo de la cuenca se construye a partir del procesado e interpretación de la data sísmica disponible en la región. Este modelo permite comprender la relación entre los procesos tectónicos, sedimentarios y magmáticos que están causando la actividad de flujos advectiones en la zona. La geohistoria de la cuenca se define modelando numéricamente los procesos de sedimentación y deformación (elástica, plástica y compactación de sedimentos). Palabras Clave: Sísmica de reflexión multi-canal; modelado de cuencas; cuenca Pescadero norte; Golfo de California.

GET-9

EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD TECTÓNICA LARAMÍDICA EN EL EOCENO INFERIOR EN LA PARTE SUR DE LA MESA CENTRAL DE MÉXICO

Torres-Hernández José Ramón¹, Tristán González Margarito¹, Morales Gámez Miguel¹, Barboza Gudiño José Rafael¹ y Quevedo-Coronado Ana Lizbeth²

¹Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, IG, UASLP

²Mexichem

jtortes@uaslp.mx

El intrusivo Peñón Blanco ubicado en los límites de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas; aflora en la parte norte de la Sierra de Salinas-La Ballena. Pertenece a una serie de intrusivos en la parte sur de la Mesa Central de México cuyas edades van de 55 a 43Ma. Para este intrusivo se conocen dos fechamientos por el método K-Ar en muscovita; 48±4Ma, y 45.3±1.1Ma. Su composición y características generales han sido reportadas; su mineralogía incluye 15 a 25% de cuarzo, 20 a 25% de feldespato potásico, 10 a 15% de plagioclasa (oligoclasa), 4 a 7% de biotita (más abundante en la parte central), y 3% de muscovita y turmalina en la parte basal norte del plutón. La matriz es significativa (38 a 40%) lo que sugiere un emplazamiento a baja profundidad. La litología que rodea al intrusivo la constituyen las formaciones Indidura y Caracol en casi todo el intrusivo, excepto en la parte sur, la cual pertenece a la Formación Zacatecas, y la Formación Cupido. Aquí se reporta que este intrusivo, de geometría burdamente elíptica con eje mayor de 3.5 km, y eje menor de 2 km, excepto en su parte oeste está delimitado por fallas, siendo estas de naturaleza contrastante: En su parte oriental el plutón está cabalgando sobre la formación Caracol; en el norte, una falla lateral-normal; y en su parte sur, una falla lateral. El plano de cabalgadura, de orientación N30°W, busa entre 15 a 30° hacia el suroeste (vergencia al NE). La falla del límite norte, de orientación N40°E, presenta inclinaciones cercanas a la vertical, y la falla sur de orientación N60°W, presenta hacia el intrusivo y en las rocas encajonantes, una franja de cataclasis que es muy amplia (>50 m en la parte del intrusivo) a irregular y discreta en las formaciones Nazas y Zuloaga. El intrusivo presenta evidencias de asimilación de la roca encajonante sobre todo en la parte nororiental, donde engloba megabloques de la Formación Indidura, pero en todo el cuerpo se observan xenolitos de areniscas y calizas con tamaños entre 3 y 17 cm. La falla de cabalgadura solo puede asignarse a los esfuerzos compresivos de la orogenia Laramide, por lo que su emplazamiento tuvo que ser sinorogénico, en tanto que las fallas norte y sur, con características de estructuras de cizalla, pudieran interpretarse como estructuras tarditectónicas asociadas a la misma orogenia (fallas de desgarre); o bien, resultado de un evento posterior que reactivó estructuras de basamento, ya que hay evidencias en la región de transpresión-transensión que generaron discretas estructuras en "flor" que afectaron rocas oligocénicas, según se ha reportado. Lo antes expuesto sugiere qué, en esta región de México, los esfuerzos compresivos de la orogenia Laramide pudieron seguir activos durante el Eoceno Inferior. La variación en los patrones de deformación interna, las variaciones texturales y composicionales indican que el emplazamiento ocurrió en varios pulsos, posteriormente el cuerpo fue sometido a alteración hidrotermal asociada a las fallas que limitan el cuerpo.

GET-10

ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y LEVANTAMIENTO DE LAS SIERRAS DE GUANAJUATO Y CODORNICES, MESA CENTRAL, MÉXICO

Nieto Samaniego Ángel Francisco¹, Del Río Varela Paola¹, Alaniz-Álvarez Susana Alicia¹, Ángeles-Moreno Edgar¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús², Levresse Gilles¹, Del Pilar-Martínez Alexis¹ y Olmos-Moya Paulina¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias de la Tierra
afns@geociencias.unam.mx

Las sierras de Guanajuato y Codornices son un elemento tectónico de edad cenozoica donde se expone el basamento mesozoico. Las sierras son el bloque levantado de una semifosa tectónica que limita a la cuenca de El Bajío. Las sierras forman el límite entre la Mesa Central y la parte centro-septentrional de la Faja Volcánica Transmexicana, lo que las ubica en un lugar clave para estudiar la tectónica cenozoica del centro de México. Realizamos una compilación de la geología del área y reconocimos 6 grupos estratigráficos: rocas mesozoicas, conglomerados eocénicos, grupo del Ypresiano, grupo del Rupeliano, grupo del

Chattiano y grupo del Mioceno. Con el mapa geológico compilado elaboramos 27 secciones geológicas configurando un modelo integral de la geometría y distribución de unidades estratigráficas y fallas cenozoicas. Con esta información y apoyados con edades isotópicas y determinaciones geobarométricas, llegamos a las siguientes interpretaciones: -Las rocas volcánicas del Eoceno se encuentran únicamente en el sector NW como remanentes de una cubierta más extensa ya erosionada. -La actividad volcánica del Rupeliano presenta una diferencia en su distribución: a lo largo del frente SW se depositaron rocas piroclásticas, mientras que a lo largo del frente NE se emplazaron grandes volúmenes de rocas volcánicas efusivas. -La actividad de las fallas normales durante el Oligoceno y Mioceno se dio en fases sucesivas, con las zonas activas migrando hacia la cuenca El Bajío, dejando así la configuración escalonada al frente SW de las sierras de Guanajuato y Codornices. En contraste, a todo lo largo del frente NE del área de estudio las fallas normales son escasas y no se aprecia un frente montañoso escarpado bien definido, sino una inclinación suave hacia el NE, imprimiéndole a toda el área la forma de un bloque basculado. -Interpretamos que las sierras de Guanajuato y Codornices experimentaron tres grandes fases de levantamiento-exhumación cuyas edades y magnitudes son: la primera del Eoceno temprano-medio de ca. 7 km, la segunda en el Oligoceno de ca. 1.5 km y la tercera en el Mioceno que fue algo menor a 1 km; las sierras adquirieron su configuración morfológica actual en esta última. El levantamiento relativo con respecto a la cuenca El Bajío fue siempre mayor en la Sierra de Guanajuato y menor en la Sierra de Codornices.

GET-11

GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA SIERRA DE MOHOVANO, ZONA DEL SILENCIO, DURANGO-COAHUILA, MÉXICO

Chávez Cabello Gabriel¹, Treviño-Rodríguez Froylán², Ramírez Peña César Francisco², Aranda Gómez José Jorge³ y Juárez Arriaga Edgar⁴

¹Universidad Autónoma de Nuevo León

²UANL

³UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO, UNAM
gabchavez2001@yahoo.com.mx

La Sierra de Mohovano representa un complejo de abanico aluvial multifallado en el borde occidental del Bloque de Coahuila. La estratigrafía está representada por abanicos aluviales que cambian de fuente de carbonatos del Cretácico a rocas volano-plutónicas félsicas del Eoceno-Oligoceno. Se reconocen por lo menos tres eventos de extensión tectónica asociados a la Provincia Extensional de Cuencas y Sierras y al menos dos eventos de volcanismo andesítico-basáltico y un evento félsico intermedio. La dirección de las fallas indica interferencia tectónica del Bloque Coahuila y multireactivación desde el Eoceno al Plio-Cuaternario.

GET-12

GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA PARTE NORTE DEL BLOQUE DE SAN JULIÁN, ZACATECAS, MÉXICO

Guerra Roel Rafael¹, Chávez Cabello Gabriel², Ramírez Peña César Francisco² y Treviño-Rodríguez Froylán²

¹Posgrado Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra. UANL

²Universidad Autónoma de Nuevo León/ Facultad de Ciencias de la Tierra. UANL
rguerra.roel@gmail.com

El Bloque de San Julián es un bloque de basamento exhumado que se localiza en la región norte del estado de Zacatecas, dentro del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano. Este bloque está delimitado por fallas sub-verticales que exhiben orientaciones NW-SE. En la zona norte las rocas más antiguas son vulcanosedimentarias e intrusivas de las formaciones Nazas-Rodeo y Caopas del Jurásico inferior, esta secuencia subyace a la sucesión de rocas sedimentarias marinas clásticas y carbonatadas depositadas en la Cuenca Mesozoica del Centro de México. En el área de estudio co-existen dos estilos de deformación contrastantes: 1) estructuras que representan deformación de piel delgada, desarrollada entre el Campaniano y Maastrichtiano, que generó pliegues y cabalgaduras en las rocas mesozoicas ubicadas en la zona sur del Sector Transversal de Parras; y 2) deformación de piel gruesa, desarrollada entre el Eoceno-Oligoceno temprano, que provocó la exhumación de las rocas que constituyen la zona de décollement de la primera deformación. Dicha zona de décollement está constituida en su límite superior por las formaciones Nazas-Rodeo, Caopas y La Joya, que exhiben desarrollo de protomilonitas y tectónitas tipo "L" con dirección de elongación hacia el NE, pliegues asimétricos apretados con ejes NE-SW e inmersión hacia el NE. Por otro lado, la deformación de piel gruesa, está representada por fallas inversas de alto ángulo que delimitan al Bloque de San Julián en su extremo oriental, en el núcleo de la falla se desarrollaron brechas y cataclasis compuestas principalmente de fragmentos de rocas marinas; dentro del bloque ocurre una falla aquí nombrada falla Rodeo que muestra pseudotaquilita como roca de falla. La exhumación del bloque generó pliegues tipo drape en la cobertura marina con ejes orientados NW-SE, paralelos a la falla de basamento Las Norias. En algunos sectores, el bloque de San Julián, expone pliegues en la cobertura con ejes orientados NE-SW cortados por la falla Las Norias. La exhumación del bloque se constriñe para el Eoceno más tardío-Oligoceno temprano, lo anterior porque genera

plegamiento por arrastre con eje paralelo a la falla Norias, en rocas clásticas de la Formación Ahuichila del Eoceno-Oligoceno inferior.

GET-13

DEFORMACIÓN Y MAGMATISMO EN EL BLOQUE DE CONCEPCIÓN DEL ORO, ZACATECAS, MÉXICO

Ramírez Peña César Francisco, Chávez Cabello Gabriel, Fitz-Díaz Elisa y Aranda Gómez José Jorge
Universidad Autónoma de Nuevo León/Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
cesar.ramirezpn@uanl.edu.mx

El Bloque de Concepción del Oro (BCO) es un bloque tectónico elongado en dirección NW-SE, localizado al sur del Sector Transversal de Parras en el Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano, en el centro-norte de México. En esta zona, afloran pliegues arqueados generados por deformación tipo thin-skinned del Campaniano-Maastrichtiano, que conforman la zona interna de un oroclinal regional convexo hacia el NE, en la zona de Concepción del Oro, Zacatecas. Estos pliegues fueron cortados por plutones cuya edad U-Pb en zircones oscila entre los 45 y 32 Ma, los cuales se emplazaron en los núcleos de anticlinales y sobre planos de cabalgadura, desarrollando aureolas de contacto con deformación compleja. El BCO está delimitado por lineamientos de dirección NW-SE, a lo largo de los cuales afloran conglomerados y rocas volcánicas basculadas hacia el NE que permiten interpretar un pulso de deformación contraccional del Eoceno tardío para esta región de Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano.

GET-14

MODELADO NUMÉRICO DE LA SECCIÓN VIZARRÓN-TAMAZUNCHALE DEL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO EN EL CENTRO DE MÉXICO

Vasquez Serrano Alberto¹, Cruz Leonardo², Tolson Gustavo³ y Hilley George²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México

²Department of Geological Sciences. Stanford University

³Departamento de Procesos Litosféricos. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México
alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

Investigamos el impacto de las variaciones mecánicas laterales y de los procesos superficiales en la evolución de un cinturón de pliegues y cabalgaduras de piel delgada, en la sección Vizarrón-Tamazunchale del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano, usando una simulación numérica mediante elementos finitos en el programa Abaqus 6.12. Los modelos exploran la evolución, el acortamiento horizontal de unidades lito-tectónicas (plataformas y cuencas) y el estilo estructural, mediante un análisis detallado de variables como la fricción en la superficie de despegue, la geometría de los bordes entre plataformas y cuencas, el espesor de las plataformas y cuencas, el espesor del paquete sintectónico y la erosión sintectónica. De acuerdo con los resultados obtenidos es posible establecer que el espesor de las plataformas fue de ~2 km antes de la deformación, por lo que la duplicación o triplicación tectónica sugerida por algunos autores (Carrillo-Martínez, 2000; Fitz-Díaz et al., 2012) no es apoyada por la experimentación numérica, mientras que el espesor máximo acumulado de depósitos sintectónicos en la sección Vizarrón-Tamazunchale probablemente alcanzó entre 1.2 y 1.5 km. En lo que se refiere a la tasa de erosión sintectónica, ésta fue baja y es comparable con lo que ocurre al norte de los Himalayas actualmente. Finalmente, la fricción en el despegue que mejor se ajusta a la distribución y cantidad de la deformación en la sección tiene una valor de 0.2; asimismo, al final de la formación de la cuña orogénica, se obtuvo una pendiente topográfica de ~3.4° y una longitud de ~162 km, lo cual es comparable con lo estimado en trabajos previos (Fitz-Díaz et al., 2012). Nuestro estudio sugiere que una variable de primer orden que determina las variaciones en la deformación interna de una cuña orogénica, son las variaciones mecánicas laterales producto de un cambio lateral de facies en las unidades que componen al paquete sedimentario. En todos los modelos, las cuencas acomodan más deformación en comparación con las plataformas y hay una concentración de la deformación en los límites entre cuencas y plataformas. La deformación de un paquete sedimentario con variaciones litológicas importantes, induce cambios significativos en la deformación interna de una cuña orogénica. Este fenómeno cambia los patrones dinámicos y cinemáticos propuestos por la teoría de la cuña crítica generando, por ejemplo, desplazamiento fuera de secuencia en las fallas principales.

GET-15

DISTRIBUCIÓN Y ARREGLO DE FRACTURAS GEOLÓGICAS EN EL CENTRO DE LA CUENCA DE MÉXICO

Vasquez Serrano Alberto¹, Arce Saldaña José Luis², Morales Casique Eric³, Arroyo López Sarah María⁴ y Camacho Rangel Rebeca⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Departamento de Procesos Litosféricos. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México

³Departamento de Dinámica Terrestre Superficial. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México

⁵Colegio de Geofísica. Facultad de Ingeniería. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

Se presenta un análisis integral de la distribución y arreglo de las fracturas expuestas en la Sierra de Guadalupe y a profundidad en el pozo Agrícola Oriental 2C (AO2C), con el fin de comparar los patrones de fracturas y determinar cuál es su relación. En años recientes, en la Ciudad de México se han perforado pozos exploratorios con el fin de encontrar acuíferos profundos que ayuden a disminuir el desabasto de agua potable. En particular, en el pozo AO2C, se recuperaron varios núcleos, uno de los cuales muestra a rocas ígneas (Eoceno) afectadas por una cantidad importante de fracturas, la mayoría de ellas relacionadas con una falla normal. Por otro lado, al norte de la Ciudad de México, se encuentran expuestas rocas ígneas del Mioceno en la Sierra de Guadalupe, las cuales presentan lineamientos muy marcados NNE-SSW, NE-SW, NW-SE y E-W. Los patrones de fracturas fueron caracterizados mediante un análisis detallado de la cantidad, geometría y distribución a lo largo de una línea de muestreo. Estas variables fueron expresadas en términos de intensidad de fracturas, dimensión fractal de caja y correlación, exponente de Lyapunov, coeficiente de variación y exponente de frecuencia acumulada. Los resultados muestran que el espaciamiento entre fracturas, así como la apertura, se ajustan muy bien a una ley de potencia. En el caso de las fracturas en el pozo AO2C, el valor de la intensidad de fracturas, dimensión fractal, exponente de Lyapunov y exponente de frecuencia acumulada de la apertura disminuyen progresivamente con el aumento de la distancia a la falla; mientras que el coeficiente de variación y exponente de frecuencia acumulada del espaciamiento presentan un patrón contrario. Estos comportamientos suelen ser típicos en una zona de cizalla, sin embargo, un aspecto que altera estos patrones es la presencia de un grupo de fracturas preexistente, lo cual provoca un aumento en la cantidad de fracturas y una redistribución espacial. En lo que se refiere a las fracturas en la Sierra de Guadalupe, es posible distinguir 3 familias de fracturas: NNE-SSW, NW-SE y E-W, las dos primeras relacionadas con la actividad de fallas laterales derechos (NNE-SSW), mientras que la última es generada por fallas normales ~E-W que cortan a las fallas laterales. Cada familia produce un patrón distintivo en la distribución y arreglo de las fracturas, lo cual se traduce en valores diferentes en cada parámetro estudiado. Nuestro análisis permitió determinar que las fracturas observadas en el núcleo del pozo AO2C se exponen en la Sierra de Guadalupe, por lo cual se puede usar como un análogo para un estudio más detallado de las fracturas y su relación con acuíferos profundos en la Ciudad de México. Adicionalmente, con base en la geometría, relleno y relaciones de corte de las fracturas, se propone que la falla encontrada en el pozo AO2C pertenece al sector N del graben de Santa Catarina y se relaciona con el sistema de fallas ~E-W observado también en la Sierra de Guadalupe.

GET-16

EL PRECÁMBRICO SEDIMENTARIO Y METAMÓRFICO DE LA SIERRA EL VIEJO, REGIÓN DE CABORCA, NOROESTE DE SONORA, MÉXICO

Rodríguez José Luis¹, Roldán-Quintana Jaime¹, Anderson Thomas H.² y Cevallos Sergio¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²University of Pittsburgh
jlrod@unam.mx

Las rocas precámbricas están aflorando en numerosas áreas en el noroeste de Sonora, muchas de ellas en los núcleos de bloques montañosos levantados. Las rocas precámbricas expuestas en la Sierra El Viejo, región de Caborca, Sonora, representan dos provincias de diferente edad. Una provincia del Meso-proterozoico con edades que varían entre 1700 y 1600 Ma aflora solamente en una parte de la zona noroeste de la Sierra El Viejo; y la otra del Neo-proterozoico, con edad mínima de 900 Ma ocupa toda la demás superficie de la Sierra El Viejo. Las rocas del Meso-proterozoico son esquistos y gneises cubiertas discordantemente por una secuencia miogeoclinal del Neo-proterozoico consistente de dolomías, calizas, cuarcitas, areniscas y conglomerados. Rocas paleozoicas también presentes afloran tanto al norte como al sur de la Sierra El Viejo. En la Sierra El Viejo las rocas metamórficas y la secuencia sedimentaria de más de 3,000 se han dividido en 10 unidades sin nombres formacionales, aunque algunas son correlacionables con unidades ya descritas en otras localidades de la región. La gruesa secuencia sedimentaria y metamórfica ha sido intrusada por un pórfido granítico de 72.4±2.8 Ma. En el noroeste de Sonora se ha realizado mucho trabajo de campo, así como abundantes estudios geocronológicos, lo que ha hecho posible asignar unidades precámbricas a un periodo específico de tiempo. En contraste, la historia de las rocas basamento y post-basamento de la Sierra El Viejo y su correlación con otras áreas no han sido sujetas de muchos estudios, lo cual es de llamar la atención. La gruesa secuencia de rocas sedimentarias Precámbricas que se presenta a lo largo y ancho de la Sierra El Viejo ha sido difícil de fechar para obtener su edad, pero se ha

progresado considerablemente con la identificación varias especies de fósiles entre los que destacan los estromatolitos del género *Conophyton* y *Jacutophyton* y formas relacionadas. La estratigrafía de la Sierra El Viejo y en conjunto los afloramientos en la región de Caborca se correlacionan con secuencias estratigráficas expuestas en la parte sur de la Gran Cuenca en el este de California y sur de Nevada, en el sur de las Montañas San Bernardino en el sur de California y en Sonora en la región de Agua Verde en Sonora central. Las rocas metamórficas presentes en la región se correlacionan con aquellas expuestas en la provincia Mojave del SE de California y NW de Arizona. La correlación de las rocas de Caborca con el suroeste de los Estados Unidos se puede deber a un transporte tectónico a lo largo de la falla lateral izquierda Mojave-Sonora. Fallas de despegue, fallas normales e inversas son las principales estructuras presentes en la Sierra El Viejo que estructuralmente forma un bloque basculado hacia el suroeste.

GET-17 CARTEL

ESTUDIO MORFOTECTÓNICO PRELIMINAR DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO SABINAS, COAHUILA

Moreno García Juan José¹, Almaraz García Ana Gabriela², Sesatty Sandoval Jesús Javier², Almaguer Carmenates Yuri², Batista Rodríguez José Alberto², Dávila Pulido Gloria Ivone², López Saucedo Felipe de Jesús², Díaz Martínez Roberto² y Rodríguez Vega Antonio²

¹Escuela Superior de Ingeniería Adolfo López Mateos

²Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos
juan_jose150197@hotmail.com

Se realiza la caracterización morfotectónica de la cuenca hidrográfica del río Sabinas, con vista a profundizar en el conocimiento tectónico y su vinculación con el régimen hidrogeológico de dicha cuenca. La metodología aplicada está basada en el procesamiento digital del modelo digital de elevación con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica. Del procesamiento se obtuvieron e interpretaron varios modelos morfométricos como la red de drenaje, pendientes del terreno, disección vertical y horizontal e isobasitas (del 1er al 6to orden). Como resultados se obtiene que los valores hipsométricos más elevados se encuentran al oeste del área, alcanzando los 2978m, y los más bajos hacia el este con 57m; esta característica condiciona la alimentación en las montañas disecionadas del oeste, y un drenaje hacia las llanuras acumulativas del este. Al oeste de la cuenca el gradiente hidráulico es elevado, provocando el arranque y transporte de grandes volúmenes de sedimentos, mientras que hacia el este el gradiente hidráulico decae, condicionando la deposición de los sedimentos. El comportamiento de las pendientes del terreno, así como la disección del relieve y niveles de erosión permiten delimitar sistemas de fallas con dirección preferencial NO-SE y NE-SO, vinculadas a las deformaciones laramídicas, que subdividen la cuenca en varios bloques morfotectónicos. Los bloques ubicados al oeste han manifestado los mayores levantamientos con evidencias en cauces jóvenes encajonados en forma de V, escarpes con facetas triangulares y depósitos de pie de monte, y alineación de pendientes elevadas, con predominio de procesos erosivos. Hacia el este se encuentran los bloques más bajos, con relieves penplanizados, cubiertos de depósitos coluviales y aluviales recientes, donde hay predominio de procesos deposicionales; en estos sectores hay desarrollo de llanuras de inundación y los cauces manifiestan madurez por el amplio desarrollo de meandros. Las formas de relieve descritas anteriormente, así como los procesos denudativos-deposicionales asociados a estos, son evidencia de levantamientos diferenciales de los bloques morfotectónicos, en respuesta a movimientos del basamento de la Cuenca de Sabinas delimitados por fracturas profundas.

GET-18 CARTEL

ESTUDIO TECTÓNICO PRELIMINAR A ESCALA DE AFLORAMIENTO DEL FLANCO NE DEL ANTICLINAL SANTA ROSA, COAHUILA

Monsiváis Durón Denisse Alejandra, Borjón Hernández Yolanda Dannalí, Almaguer Carmenates Yuri y Batista Rodríguez José Alberto
Escuela Superior de Ingeniería, ESI
denisseamd@outlook.es

Se presenta un estudio tectónico a escala de afloramiento del flanco NE del anticlinal Santa Rosa, Coahuila, con vista a profundizar en su historia deformacional. La metodología empleada constó de una búsqueda de información bibliográfica de la zona de estudio, trabajos de campo donde se realizaron mediciones de orientación de estructuras geológicas tales como estratos, diaclasas, fallas, estilolitos, y superficies de cizallas, así como la toma de muestras orientadas. Los datos adquiridos en el campo fueron procesados e interpretados con el empleo de diagramas de rosetas y la proyección estereográfica. Los trabajos de campo permitieron identificar varias estructuras geológicas, indicadoras de deformaciones, tales como estratos, diaclasas, fallas normales, superficies de cizallas y estilolitos. La interpretación del rumbo de los estratos muestra orientación preferencial NE y NW; este comportamiento puede deberse a la presencia de sistemas de fallas que desplazan y transforman la orientación de los estratos en el flanco noreste. La dirección predominante de las diaclasas es NE-SW, al igual que las cizallas sinistras con orientación N50°E; estos dos tipos de estructuras están vinculadas estructuralmente con sistemas de fallas laterales izquierdas que se han cartografiado en este sector del anticlinal, y se asocian a los esfuerzos regionales dirigidos al NE relacionado con la orogenia Laramide. Se cartografiaron

fallas normales con orientación N80°E, 70°SE, las que indican un cambio de régimen tectónico compresional vinculado a la orogenia Laramide a extensional asociado a la Provincia de Cuencas y Cordilleras. La orientación de los estilolitos es paralela a la estratificación, predominando rumbos NE; estas estructuras son indicadoras de procesos de disolución química diferencial bajo presión, de la roca endurecida, formados por esfuerzos compresivos perpendiculares a los estilolitos. Los esfuerzos que les dieron origen pueden estar vinculados a la carga litostática presente durante la diagénesis o por la compresión derivada de la orogenia Laramide.

GET-19 CARTEL

CARTOGRAFÍA DEL ÁREA LOS FILTROS EN LA SIERRA DEL CUERVO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Gaytán-Meráz Francisco¹, Pérez Venzor Juan de Dios², Lucero-Álvarez Jorge¹ y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³

¹Universidad Autónoma de Chihuahua

²Servicio Geológico Mexicano

³Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a289520@uach.mx

La cartografía a detalle de la Sierra del Cuervo en el Rancho Los Filtros en el municipio de Aldama, Chihuahua, México como área de estudio se basó en la recopilación de datos en campo en un área de 3.5 Km² de interés geológico completo, la investigación hecha durante el periodo de un año, de octubre del 2017 a agosto del 2018. La Sierra del Cuervo es de gran interés, ya que encontramos ambientes de tipo metamórfico, sedimentario e ígneo al igual que una gran cantidad de estructuras. El estudio previo más importante es "The Geology of the rancho Los Filtros Area, Chihuahua, México", elaborada "Jonathan G. Blount" en 1982. Otro es "Geology of the Cuervo Area, Northeastern Chihuahua, México" elaborado por "Walter Tiffany Haenggi" en 1966. Cuando se hace la cartografía de un área "pequeña", se encuentra con el problema llamado "ESCALA". Dentro de los objetivos es hacer un levantamiento geológico a escala 1: 10,000; uso de software para teledetección y uso de bandas para reconocimiento geológico; así como la representación de la información en secciones geológicas estructurales y columna estratigráfica. La metodología incluye la recopilación bibliográfica, una fotointerpretación del área, los respectivos mapas base, ayuda de imágenes de satélite para realizar teledetección. Las salidas al campo de octubre de 2017 hasta mayo 2018, donde se realizó una cartografía a escala 1:10000 representando las unidades litológicas reconocidas. Así como las muestras de donde se elaboraron las láminas delgadas para análisis petrográfico. Dentro de los resultados mostrados se pueden ver los diferentes muestreos, pero no con el mismo nivel de detalle que se muestra a la escala 1:10000. Tanto los autores, como los servicios de información geográfica del país tienen este error. El decreto de la ley minera indica que se tiene que ir cubriendo las informaciones como se marca en la ley, primero brindar la información básica. Después continuar con la información a mayor detalle. Cuando se realizó el mapa final con la escala a detalle 1:10000 se cubrieron partes de la litología que los demás autores no marcan por el mismo detalle de la escala y su extensión en el terreno. Mucha información se incluye en la columna estratigráfica y la secuencia de rocas incluye asimismo sus edades. También el conocimiento de los bloques y estructuras del área. La manera en la que se presenta toda la investigación hace énfasis en las herramientas modernas de obtención de información, el procesamiento de ella, la ayuda del satélite para el trabajo de gabinete y sobre todo para el trabajo de campo. Enfatizar la manera en la que ahora se hace geología a como se hacía 20 años atrás. Pero, no por tener tantas herramientas significa que es más fácil o mejor interpretada.

GET-20 CARTEL

ESTUDIO MICROTECTÓNICO PRELIMINAR DEL SECTOR SURESTE DEL ANTICLINAL SANTA ROSA, COAHUILA

Borjón Hernández Yolanda Dannalí, Monsiváis Durón Denisse Alejandra, Almaguer Carmenates Yuri y Batista Rodríguez José Alberto
Universidad Autónoma de Coahuila
dannabh@outlook.com

El anticlinal Santa Rosa es una estructura representativa de las deformaciones laramídicas que afectaron la secuencia estratigráfica de la Cuenca de Sabinas. En tal sentido se realiza un estudio microtectónico preliminar, que tiene como objetivo determinar la orientación preferencial de estructuras deformacionales con vista a profundizar en la historia deformacional de dicho anticlinal. La metodología está conformada por trabajos de reconocimiento de campo, desarrollados para la descripción geológica de afloramientos y la recolección de muestras orientadas. Fue necesario la preparación de secciones pulidas orientadas, para su posterior análisis microtectónico a través de un microscopio de luz reflejada. Finalmente, las mediciones realizadas a escala microscópica fueron procesadas e interpretadas con ayuda de diagramas de rosetas. Como resultados se obtienen direcciones preferenciales de microfracturas hacia el NE-SO y NO-SE, así como una microcizalladura dúctil sinistral de dirección N48°E. Las microfracturas de dirección NO-SE, presentan la misma dirección de la cabalgadura El Cedral, ubicada al NE del sector estudiado, lo cual permite inferir que se vinculan estructural y espacialmente a dicha estructura de primer orden. Las microfracturas de dirección NE-SO, así como la microcizalladura presente, están relacionadas a sistemas de fallas laterales izquierdas, las que han provocado desplazamientos de bloques

morfotectónicos en este sector del anticlinal. En sentido general, las orientaciones de las microestructuras permiten indicar que su origen está vinculado a los esfuerzos compresivos que afectaron la región durante la Orogenia Larámide.

GET-21 CARTEL

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ANTICLINAL LOS CHORROS EN LA MARGEN OCCIDENTAL DE LA SALIENTE DE MONTERREY

Rodríguez Gómez José Olegario¹, Chávez Cabello Gabriel²,
Ramírez Peña César Francisco² y Guerra Roel Rafael²

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
jose_rod12@hotmail.com

El anticlinal Los Chorros es un pliegue regional típico desarrollado en el cinturón plegado de la Sierra Madre Oriental. Dicha estructura se expone en el centro y la margen occidental de la Saliente de Monterrey, la cual muestra múltiples pliegues de despegue. Estas estructuras están compuestas de rocas sedimentarias marinas de edad Jurásico-Cretácico. Se realizó cartografía geológica, documentación de estructuras como planos de estratificación, fracturas de cizalla y extensión, estilolitas, foliación y fallas laterales e inversas en el flanco trasero, núcleo y flanco frontal del pliegue. Las rocas más antiguas que afloran en el núcleo del pliegue corresponden a silicásticos y lutitas negras del Neocomiano, mientras que en sus flancos afloran carbonatos y lutitas que varían en edad desde el Hauteriviano hasta el Maastrichtiano. El anticlinal de Los Chorros localmente es un pliegue ligeramente asimétrico y vergente hacia el NNW, el pliegue presenta inmersión de su eje hacia el WSW. La estructura es cabalgante en su flanco frontal hacia el oeste del cañón Los Chorros, culminando la extensión de la cabalgadura en el cañón Los Chorros, mientras que hacia el oriente del cañón el pliegue solamente es asimétrico sin reflejo de cabalgamiento. La presencia de fracturamiento en abánico y generación de zonas de disolución en el arco externo del pliegue, así como la presencia de fallas inversas y estructuras contraccionales en el núcleo, permiten interpretar que el mecanismo dominante de plegamiento que estuvo involucrado en la generación del anticlinal Los Chorros debió ser del tipo flexura ortogonal o plegamiento longitudinal tangencial. El análisis de esfuerzos empleando fallas y fracturas en la zona permitió establecer localmente una dirección de paleoesfuerzo horizontal dominante NNW-SSE antes, durante y en la etapa tardía del desarrollo del plegamiento en la zona. Esta dirección de paleoesfuerzo se propone considerando que no existió rotación de la estructura plegada con eje vertical.

GET-22 CARTEL

MECANISMOS DE EMPLAZAMIENTO DE INTRUSIVOS POST-TECTÓNICOS EN EL BLOQUE DE CONCEPCIÓN DEL ORO, ZACATECAS

Mata Gutiérrez Paola Jazmín, Ramírez Peña César Francisco y Chávez Cabello Gabriel
Facultad de Ciencias de la Tierra, FCT
paolajazmin179@gmail.com

El Bloque de Concepción del Oro está localizado en la zona Norte del estado de Zacatecas, México, dentro del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano. En esta región afloran cuerpos intrusivos del Eoceno-Oligoceno de composición granodiorítica-cuarzomonzodiorítica que exhiben relaciones claramente post-tectónicas a pliegues regionales generados por deformación tipo thin-skinned durante el Campaniano-Maastrichtiano. Según las características estructurales desarrolladas en las "aureolas tectónicas" de dichos intrusivos como: plegamiento, fallamiento y rotación de capas de la roca encajonante, permiten interpretar que el emplazamiento de los magmas se dio en condiciones principalmente forzadas, lo cual generó geometrías complejas en las zonas de contacto entre los intrusivos y la roca encajonante. La complejidad estructural desarrollada en las aureolas de contacto generó estructuras mineralizadas que hacen a esta región uno de los distritos mineros de mayor importancia en el Noreste de México.

GET-23 CARTEL

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE LA MAROMA Y SU RELACIÓN CON ESTRUCTURAS MAGMÁTICAS EN LOS CUERPOS INTRUSIVOS EN EL SUR DE LA SIERRA DE CATORCE, SLP

Lozano Niño Paola Anahí¹, Morales Gámez Miguel² y Barboza Gudiño José Rafael²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí
anahilozano@hotmail.com

El intrusivo La Maroma se ubica en la parte sur de la Sierra de Catorce, en el antiguo distrito minero argentífero del mismo nombre, este intrusivo corresponde a una roca de composición granodiorítica que se compone de manera general por plagioclasa, cuarzo, biotita y feldespato potásico, en el cual se observan dos cuerpos: el primero de textura porfírica presenta megacristales de plagioclasas zonadas, las cuales en algunas porciones del intrusivo presentan una orientación tectónica, el segundo

se caracteriza por ser una roca de textura equigranular con presencia de biotita, ésta contiene estructuras magmáticas las cuales se aprecian debido a la orientación de las biotitas en bandeamientos y pliegues, dichas estructuras se relacionan con la presencia de xenolitos de las rocas de caja y enclaves con una orientación promedio de las estructuras antes mencionadas N84E. Estas estructuras de origen sintectónico se encuentran relacionadas con una zona de cizalla que deforma al intrusivo y las rocas de caja mostrando una relación temporal entre el emplazamiento del intrusivo y la deformación que afecta a la zona. La zona de cizalla se encuentra en la parte central del intrusivo equigranular y se caracteriza por presentar fallas con dos orientaciones, la primera posiblemente relacionada con el lineamiento San Tiburcio, presenta una orientación 50° NW-SE en promedio, donde se observó una falla normal con componente lateral y el segundo grupo presenta una dirección 41° NE-SW en este último grupo se presentan foliaciones en la formación La Joya y en el intrusivo con rumbos generales al SW ambos grupos de fallas muestran una relación de corte cerca del poblado Real de Maroma y en la parte oeste del mismo. Los indicadores cinemáticos corresponden a estructuras en sigma en la zona milonitizada en la parte norte del poblado, las estructuras sigma son observadas en clastos de la Formación La Joya y en el intrusivo La Maroma, también hay vetas de cuarzo de segregación plegadas, lo cual permite datar relativamente a la deformación con una edad previa a la deformación asociada a la mega-falla de San Tiburcio (Eoceno). Por lo tanto, en este trabajo se plantea que parte de la deformación de la Sierra de Catorce tiene que ver con un evento de deformación posterior al emplazamiento de los cuerpos intrusivos de la Sierra de Catorce. Palabras clave Zona de cizalla, Estructuras Magmáticas, Sierra de Catorce.

GET-24 CARTEL

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TAJO DE LA MINA SAN XAVIER EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE SAN PEDRO, SAN LUIS POTOSÍ

Morales Cázares Viridiana¹, Tristán González Margarito² y Carmona Huerta César¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
virimorales@outlook.com

El área de Cerro de San Pedro se encuentra en la margen oriental de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, donde afloran rocas calcáreas marinas del Cretácico Temprano y Tardío, pertenecientes a las formaciones La Peña (Aptiano), Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) e Indidura (Turoniano), donde las primeras formaciones fueron intrusadas por un pórfido cuarzomonzonítico en el Paleoceno temprano. En la periferia del tajo de la mina afloran remanentes de rocas volcánicas piroclásticas y efusivas de edad Oligoceno temprano (Ignimbrita Santa María, Latita Portezuelo y Andesita Casita Blanca) pertenecientes al Campo Volcánico de San Luis Potosí. Las rocas sedimentarias marinas que afloran en el tajo pertenecen principalmente a la Formación La Peña y en menor proporción a la Formación Cuesta del Cura. Estas rocas sufrieron deformación dúctil-frágil durante el evento orogénico laramídico, originando que la secuencia se acortara al ENE, desarrollando un sistema de pliegues, despegues intraformacionales y cobijaduras con vergencia en esa dirección, los pliegues que se observan en el tajo de la mina son pliegues asimétricos, recostados y chevrones de dimensiones diferentes, en algunos sitios son pliegues métricos apretados, la mayoría de ellos dislocados por fallas de contracción debido al acortamiento que sufrió la secuencia. Las fallas generadas en este evento jugaron un papel importante como conductos para facilitar la intrusión del pórfido. El análisis estructural de planos So (estratos), ejes de pliegue y estrías por fricción capa a capa, generados en el proceso de deformación contractiva, muestran que, tanto en la zona de la mina como en la periferia fuera del tajo, el comportamiento es similar. Después de finalizar el evento de compresión que desarrolló pliegues y fallas inversas, hay registro en la secuencia de un evento relacionado a una cizalla transcurrente, que está marcada por las estrías horizontales en los planos de fallas, las cuales fueron después superpuestas por estrías normales. Este sistema de fallas transcurrentes fueron las que facilitaron la intrusión del pórfido al final del evento laramídico. Un tercer evento de deformación corresponde a fallas normales de ángulo alto, que están dispuestas en juegos conjugados, las cuales no presentan mineralización en sus planos y se asocian al evento extensional que sufrió la región en El Oligoceno, se presentan en patrones de orientación NW-SE y son por lo general fallas normales oblicuas. La mineralización de oro se encuentra diseminada principalmente en el pórfido y en menor proporción en las rocas encajonantes cercanas al contacto.

GET-25 CARTEL

CONTROL ESTRUCTURAL PARA EXPLICAR EL EMPLAZAMIENTO DEL VOLCANISMO FINAL EN EL NORTE DEL COMPLEJO VOLCÁNICO SIERRA SAN MIGUELITO, S.L.P.

Serna Bafún José Helios¹, Tristán González Margarito²,
Aguillón Robles Alfredo³ y Aguirre Díaz Gerardo de Jesús³

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología

³Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
helios_bafun@hotmail.com

El Complejo Volcánico Sierra de San Miguelito se localiza en la porción meridional del Campo Volcánico de San Luis Potosí (Tristán-González et al., 2009), iniciando su desarrollo en el Oligoceno temprano con la extrusión de domos exógenos de composición dacítica y riolítica y posteriormente con el emplazamiento de flujos piroclásticos riolíticos. El evento volcánico concluyó hasta el Oligoceno tardío con el emplazamiento de flujos de ceniza y domos exógenos de composición riolítica, flujos de lava basáltico y flujos piroclásticos riolíticos que en conjunto representan volcanismo bimodal. En la porción septentrional del complejo volcánico en la zona del arroyo El Juachín, se encuentran evidencias de fallamiento lateral y estructuras asociadas al evento final de transtensión tectónica que inició en el Eoceno temprano-Paleoceno tardío que ocasionó cizallamiento donde se emplazaron diques compuestos, afectando principalmente a los flujos piroclásticos del Oligoceno temprano y cuyos rasgos cinemáticos se encuentran impresos en los flujos piroclásticos del Oligoceno tardío. Se ha considerado que este mecanismo tectónico facilitó la formación de los conductos donde ocurrió el emplazamiento del vulcanismo final en el complejo, caracterizado por los depósitos piroclásticos y efusivos del Oligoceno tardío, asociados a la formación de la Cuenca El Juachín. La cartografía geológica-estructural detallada en conjunto con el mapa geomorfológico y con base a la geoquímica de elementos mayores y traza de las unidades, se logró determinar la existencia de vulcanismo bimodal, realizándose una comparación con unidades similares del nororiente del área y del semi-graben de Bledos. Se determinó que el área de estudio por sus características geomorfológicas es una cuenca de forma elongada con orientación NW-SE, en cuyos bordes y centros se emplazaron domos riolíticos. La presencia de co-ignimbritas sugiere el emplazamiento por conductos puntuales a lo largo de las fallas que se localizan en las márgenes y terminaciones de la cuenca. El análisis estructural indica que el eje principal de las estructuras dómicas presenta la misma orientación que los márgenes de la cuenca y que los domos se adelgazan en sus vértices NW-SE. El vulcanismo dentro de la cuenca fue sincrónico con la última etapa de basculamiento en la región. La caracterización geoquímica del vulcanismo bimodal indica que no existen diferencias aparentes en el magmatismo entre ambas cuencas a excepción que estas unidades en el semi-graben de Bledos, son derivadas a partir de fusión parcial y existe una contaminación cortical en su formación, mientras que en la Cuenca El Juachín estas unidades en su mayoría están asociadas a una diferenciación magmática acompañada por cristalización fraccionada que operó principalmente en su desarrollo. Los puntos anteriores sugieren que el vulcanismo final en el área de la Cuenca El Juachín fue controlado estructuralmente por transtensión que desarrolló los conductos por donde se originó el vulcanismo explosivo y efusivo y que este evento pudo haber originado las fracturas de cizalla donde se emplazaron los diques compuestos de la zona. Palabras clave: Complejo Volcánico Sierra San Miguelito; transtensión; vulcanismo explosivo y vulcanismo bimodal; diques compuestos.

GET-26 CARTEL

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL CONTACTO ENTRE EL LITODEMA CHAZUMBA Y LA FORMACIÓN COSOLTEPEC DEL COMPLEJO ACATLÁN, SUR DE MÉXICO

Combita Ariza Luis Alberto, Elías Herrera Mariano y Ortega Gutiérrez Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
lacombitaa@unal.edu.co

El sector oriental del Complejo Acatlán se caracteriza esencialmente por la Migmatita Magdalena litodema Chazumba y Formación Cosoltepec, unidades polideformadas con metamorfismo en facies de anfíbolita a esquisto verde, que fueron interpretadas originalmente (Ortega-Gutiérrez, 1978) como los niveles paleozoicos más inferiores del complejo con edades inferidas del Ordovícico. Posteriormente, con base en edades isotópicas U-Pb y 40Ar/39Ar, la Migmatita Magdalena y el Litodema Chazumba fueron reagrupadas y redefinidas como Complejo Ayú (Helbig et al., 2012, 2013) con una edad del Triásico-Jurásico. Así, la Formación Cosoltepec del Devónico-Carbonífero (Talavera-Mendoza et al., 2005) es considerada por Helbig y colaboradores como la unidad que sobreyace estructuralmente al Litodema Chazumba por medio de una zona de cizalla con cinemática de cima hacia el sur, que fue reactivada como falla normal durante el Jurásico Medio-Tardío en la exhumación tectónica del Litodema Chazumba. Con el objeto de corroborar esta historia tectónica, o bien, valorar si el Complejo Ayú es solo retrabajo metamórfico mesozoico de rocas paleozoicas, y no una entidad independiente con una evolución espacio-temporal diferente, se está estudiando con detalle la zona de contacto entre el Litodema Chazumba, parte superior del Complejo Ayú, y la Formación Cosoltepec sobreyacente. Los resultados que se tienen hasta ahora indican que hay una aparente continuidad litológica, petrológica y estructural entre Chazumba y

Cosoltepec. La parte más superior del Litodema Chazumba consiste en esquistos de biotita + muscovita ± granate y de muscovita ± biotita, con intercalaciones (ca. 1-2 m de espesor) de metapsamitas. La parte más inferior de La Formación Cosoltepec consiste en un horizonte de anfíbolitas (10-15 m de espesor) sobreyacido por esquistos de muscovita ± biotita ± granate con intercalaciones de metapsamitas y cuarcita (10-20 m de espesor). Las asociaciones metamórficas en ambas unidades sugieren un metamorfismo en facies de anfíbolita. En la zona de contacto, es también evidente un paralelismo estructural en ambas unidades, una foliación dominante con rumbo N35-55W con inclinación de 40-60° NE, eje de pliegues menores con dirección N70-90E e inclinación de 15-25°, y vergencia del plegamiento hacia el SW indicando la dirección de transporte tectónico. Por lo anterior, la implicación más importante hasta ahora es que el contacto entre Chazumba y Cosoltepec no tiene características de ser un límite tectónico que yuxtaponga unidades con historias geológicas muy diferentes, por cual se puede colegir que el Complejo Ayú está conformado por protolitos paleozoicos con una historia geológica similar a la de la Formación Cosoltepec, solo que con una intensa homogenización tectonotérmica en el Triásico-Jurásico, que también afectó en menor media a la Formación Cosoltepec sobreyacente. Para el fortalecimiento de esta idea se hace indispensable la geocronología U-Pb (zircones) en horizontes litológicos clave de Chazumba y Cosoltepec. Para el desarrollo de este trabajo el apoyo económico proviene del proyecto de investigación PAPIIT-UNAM (IN105018), lo cual se agradece.

GET-27 CARTEL

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA ZONA DE CIZALLA POLIDEFORMADA USANDO EL SOFTWARE WINTENSOR

Castillo Reynoso Juan Carlos y Ferrari Luca
Centro de geociencias, UNAM
geojcrc@gmail.com

El análisis de fallas a partir de datos obtenidos en campo representa un proceso importante en la reconstrucción de la evolución tectónica de un área deformada. En zonas de cizalla polideformadas de manera frágil la heterogeneidad del fallamiento exhibe una complejidad geométrica y cinemática que dificulta la interpretación de estructuras frágiles, ya que estas pueden ser el resultado tanto de deformación múltiple como de otros mecanismos tales como compatibilidad de distorsión, reactivación de estructuras preexistentes y deformación tridimensional. El criterio más importante en la interpretación de fases de deformación son las observaciones de campo y las consideraciones estratigráficas. Sin embargo, existe una amplia variedad de herramientas computacionales desarrolladas para el análisis de fallas que, pueden complementar las observaciones de campo y contribuir en la caracterización de fases de deformación en regiones polideformadas. Una de las herramientas computacionales para el análisis estructural es el software Win-Tensor, el cual implementa el uso del método de diedros rectos para obtener tensores de esfuerzos para conjuntos de fallas. Además, permite separar subconjuntos de fallas y evaluar la calidad y compatibilidad de los resultados. Este software es de libre acceso y es compatible con Windows. El caso de estudio para el cual se aplicó el análisis estructural mediante Win-tensor es la Zona de Cizalla del Río Santiago (ZCRS), una zona de cizalla frágil parcialmente expuesta en Jalisco y Nayarit, que constituye el límite tectónico entre las rocas Oligoceno – Mioceno temprano de la Sierra Madre Occidental y las Cretácico-Paleoceno del Bloque Jalisco. El análisis estructural de fallas frágiles en la ZCRS, junto con las observaciones de campo, la reconstrucción de la estratigrafía y nuevos datos geocronológicos, permitieron determinar que en esta región tuvo lugar un largo periodo de extensión asociado con vulcanismo y mineralización a partir de ~24 Ma. Durante este periodo la dirección del esfuerzo principal mínimo ha tenido una rotación en sentido horario desarrollando diferentes sistemas de fallas o reactivando estructuras pre-existentes. Las direcciones del esfuerzo principal mínimo durante la fase extensional son, en orden cronológico: NE-SW, ENE-WSW, N-S y nuevamente NE-SW. Se ha detectado además una deformación transpresional local desarrollada entre ~26.6 y 24 Ma con dirección del esfuerzo principal máximo NE-SW caracterizada por fallas inversas sinestrales y pliegues abiertos al norte del área de estudio. Los resultados obtenidos con el software Win-tensor en conjunto con las nuevas observaciones de campo, además de nuevas edades U-Pb disponibles nos permite corroborar que el software es una herramienta recomendable para realizar análisis estructurales, evidentemente con las precauciones pertinentes para evitar interpretaciones erróneas.

GET-28 CARTEL

FAULT REACTIVATION INFLUENCED BY PREEXISTING WAVINESS OF FRACTURE SURFACES

Xu Shunshan, Nieto Samaniego Ángel Francisco y Alaniz-Álvarez Susana Alicia
Centro de Geociencias, UNAM, CGEO
sxu@geociencias.unam.mx

The mechanics of non-planar faults is a paramount problem for the study on the brittle deformation of the Earth's crust. In this paper, we study reactivation of the cooling fractures in the volcanic rocks of the southeastern Mesa Central (San Luis Potosí volcanic field). We argue that non-planar fault mechanics are significantly different from idealized planar faults in the following three aspects. (1) Fault reactivation tendency depends on the intersection angle between the direction of resolved shear and the direction of the maximum roughness. The fractures may increase slip tendency under a given stress state, where the resolved shear direction is parallel to

the direction of minimum roughness. (2) The maximum displacement on a non-planar fault is less than that on the planar fault with same length, which cause the linear fault displacement-length scaling to be non-linear. (3) The deflection of slickenline trajectories would be due to local stress perturbation. The numerical calculations obtained from the Slicken 1.0 and the SSLIPO 1.0 software indicate that the slip variation is positively related to stress rotation, and a positive relation to stress magnitude, respectively. However, when both the stress orientation and magnitude change, the slip variation of the slip is not proportional to the change in stress due to surface waviness.

GET-29 CARTEL

ESTUDIO NEOTECTÓNICO DE LA FALLA AGUA FRÍA EN LA PARTE CENTRAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO

Lagunas Ocón Alma Delia¹, Lacan Pierre¹, Garduño Monroy Víctor Hugo², Campos Medina Juan Pablo³, León Loya Rodrigo Alejandro³, Mendoza Ponce Avith², Prasanajit Naik Sambit⁴, Velázquez Bucio Mará Magdalena² y Soria Caballero Diana Cinthia²

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional de México, CGEO, UNAM

²Universidad Michoacana
ocon_303@hotmail.com

El campo volcánico Los Azufres se localiza en la parte central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), y se ubica a 200 km al noroeste de la Ciudad de México, dentro del Estado de Michoacán y forma parte de un conjunto de centros volcánicos silícicos del Pleistoceno con sistemas geotérmicos activos, situados en la parte central del CVTM. Dichas estructuras se ven afectadas por fallas normales E-W de alto ángulo. La parte central del CVTM ha sido escenario de grandes sismos corticales, generados por la actividad de las éstas fallas (p. ej. El sismo de Acambay de 1912), los cuales han generado grandes pérdidas humanas y materiales. A partir de dicho terremoto se han generado diversos estudios neotectónicos y paleosismológicos principalmente la zona del graben de Acambay. Estos análisis han permitido caracterizar la actividad tectónica de las fallas y determinar el peligro sísmico cuando los catálogos de sismicidad, instrumental e histórica son insuficientes. En este trabajo se presenta un estudio de neotectónico llevado a cabo a lo largo de la falla Agua Fría en el campo volcánico de los Azufres, con el objetivo de determinar el peligro sísmico que representa esta falla para la zona. El estudio geomorfológico de la falla, asociado a la excavación e interpretación de tres trincheras paleosismológicas, permitieron la identificación de dos eventos holocénicos que han afectado unidades pedológicas, #uvicolacustres y vulcanosedimentarias. La persistencia de la actividad tectónica a lo largo de esta falla, siendo comprobada su existencia tendrá que ser considerada en los futuros mapas de peligro sísmico. (Proyecto PAPIIT IA102317)

GET-30 CARTEL

FALLAS ACTIVAS DURANTE EL SISMO DE 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN EL MUNICIPIO DE ZACATEPEC, MORELOS

Ferrer-Hernández Katya Lizeth, Fitz-Díaz Elisa, Búcker Matthias, Lira-Chávez Jorge, Centeno García Elena, Arce Saldaña José Luis y Rodríguez-Elizarrarás Sergio Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
katherine.lfh@gmail.com

El pasado 19 de septiembre del 2017 a las 13:14 horas, tuvo lugar en México un fuerte sismo que ocasionó grandes daños y pérdidas, este fenómeno registró 7.1 grados de intensidad y epicentro en el límite comprendido entre los estados de Puebla y Morelos, 12 km al sureste de Axochiapan. Posterior a este evento sísmico, se documentaron réplicas de sismos someros sobre la zona comprendida entre el sur de la CDMX y Jojutla, Morelos. Dentro de esta zona, uno de los lugares con mayor afectación fue la colonia Lázaro Cárdenas en el municipio de Zacatepec, Morelos, donde varias viviendas colapsaron y otras más tuvieron importantes daños estructurales, además de un hospital y tres escuelas. En la zona se observa que las construcciones afectadas se encuentran alineadas a lo largo de 800 m aproximadamente y presentan un fuerte agrietamiento en el suelo con una misma orientación que va al NNW-SSE. La localidad se encuentra asentada en una topografía relativamente plana y al costado del río Apatlaco, por lo que es lógico inferir que el agrietamiento esté ligado a un deslizamiento de masas por asentamiento del relleno fluvial y antropogénico. Sin embargo, se analizaron dos secciones de tomografía eléctrica perpendiculares a la grieta con alcances de hasta 80 metros de profundidad, en las cuales se observan anomalías que definen estratos subhorizontales con distinta conductividad, los cuales se ven claramente interrumpidos justo debajo de la zona agrietada en superficie. La conductividad medida en este caso parece corresponder con la presencia de agua en los estratos del subsuelo, los cuales parecen corresponder a una capa impermeable y poco resistiva por debajo del río Apatlaco y a capas más conductivas, posiblemente de arenas y conglomerados de la Fm. Cuernavaca. En cualquier caso, es claro que las grietas formadas en Zacatepec no son superficiales. Grietas muy similares se observaron en Chiconcuac, al norte de Zacatepec, pero esta vez afectando a coladas de basalto. Una vez más, las grietas superficiales tienen continuidad de decenas de metros en el subsuelo. Para entender estas grietas a mayor escala, se utilizó interferometría de radar, en la cual se comparan señales satelitales de radar antes y después del sismo para poder documentar desplazamientos verticales del suelo

posiblemente generados por el sismo. En dicho interferograma se pudo ver que hubo subsidencia sobre una zona orientada N-S cerca de la zona afectada. Además de las fallas de Chiconcuac y Zacatepec, en la zona arqueológica de Xochicalco se activaron fallas normales con orientación N-S durante el sismo, lo cual sugiere que ocurrió extensión a una escala mayor que el municipio de Zacatepec. Dicha extensión coincide con la misma que dio lugar a conos cineríticos alineados N-S y que se distribuyen desde el norte la Cd. de Cuernavaca hasta el poblado de Tlzapotla con edades que van de 1 My a 80 mil años. Esto nos hace preguntarnos si las pequeñas grietas que se abrieron son una manifestación de un fenómeno mayor que inició en el Pleistoceno.

GET-31 CARTEL

CARTOGRAFÍA EN LUCO: INTEGRACIÓN DE DATOS HIDROACÚSTICOS EN EL MARGEN DEL PACÍFICO MEXICANO

Ramón Márquez Víctor Manuel¹, Mortera Gutiérrez Carlos A.², Bandy William³, Millán Motolinía Carmen³, Aguilar Anaya Diego³, Pérez González Elizabeth¹, Pérez Calderón Daniel¹, Ponce Núñez Francisco⁴, García Palacios Miguel⁵ y Urias Espinosa Jaime⁶

¹Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra y Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología y Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

⁵Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁶Posgrado en Ciencias de la Tierra
vic_vmrmm@hotmail.com

El trabajo presenta la cartografía de datos hidroacústicos (batimetría multihaz, retrodispersión acústica y sísmica de reflexión de alta resolución) adquiridos en diferentes campañas oceanográficas a bordo del Buque Oceanográfico EL PUMA de la UNAM, a lo largo del margen sur del Pacífico Mexicano, elaborado y administrado en el Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica (LUCO) de los institutos de Geofísica y Ciencias del Mar y Limnología en la UNAM. La base de datos hidroacústicos cubren áreas a partir del rompimiento de la plataforma continental hasta la trinchera Mesoamericana, desde Punta Mita en Nayarit hasta el Puerto de Manzanillo en Colima, también como desde la Bahía de Bufadero en Michoacán hasta Acapulco en Guerrero; teniendo una cobertura del 100 %. Esta base está organizado en un Sistema de Información Geográfica, y los resultados son desplegados en dos plataformas digitales, ArcGIS™ y QPS-Fledermaus™. El derivado de dicha información ha aportado al conocimiento y al entendimiento de la evolución y procesos tectónicos, también como de los principales elementos geomorfológicos, patrones de sedimentación y riesgo geológico que han dado forma a este margen.

GET-32 CARTEL

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y REGISTRO PALEOMAGNÉTICO DURANTE LA ETAPA DEL DESARROLLO DEL RIFT DEL GOLFO, EN EL SUR DE LA SIERRA JUÁREZ, NORESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Mendoza Borunda Ramón, González Escobar Mario, Cañón Tapia Edgardo, Gradilla Martínez Luis Carlos y Meillón Menchaca Octavio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., CICESE
rmendoza@cicese.mx

La Sierra Juárez es parte del escarpe principal del Golfo de California, rasgo fisiográfico que define la frontera occidental de lo que en un contexto más regional se denomina Provincia Extensional del Golfo (PEG). En este trabajo presentaremos la caracterización estructural del sector sur de Sierra Juárez, junto con los resultados paleomagnéticos que estamos obteniendo de la unidad ignimbrítica que aflora en esta región del escarpe. Estos flujos piroclásticos tienen una edad de 12 Ma y se encuentran extensamente distribuidos en la zona de estudio. Este carácter los convierte en una unidad litológica muy útil como marcador estructural. En síntesis, estructuralmente esta zona del escarpe está dominada por fallas normales con rumbo NNW-SSE y echados al este (principalmente) y al oeste. Algunas de las fallas principales presentan una componente lateral de movimiento de tipo dextral. El análisis cinemático del fallamiento, arroja dos direcciones de extensión: ENE-WSW y WNW-ESE. Los datos paleomagnéticos apoyan esta observación. No hay necesidad de invocar rotación de bloques sobre ejes verticales para explicar este cambio en la dirección de extensión. La corrección por el basculamiento de las unidades terciarias en la región deformada, es suficiente para replicar los resultados paleomagnéticos de la zona estable. En este sentido, a diferencia de lo documentado en otras áreas al sur de Sierra Juárez, en nuestra zona de trabajo no se observan rotación de bloques en sentido horario.

GET-33 CARTEL

MODELADO GEOLÓGICO DE LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA PESCADERO, AL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, A PARTIR DE DATOS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D: RESULTADOS PRELIMINARES DE PROCESAMIENTO SÍSMICO E INTERPRETACIÓN

Macías Isabela¹, Spelz-Madero Ronald¹, González Fernández Antonio² y Yarbuh Ismael³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
macias.isabela@uabc.edu.mx

El Golfo de California es un sistema de deformación transtensional que se formó a lo largo del límite de placas entre Norteamérica y el Pacífico. Este sistema está caracterizado por un arreglo de fallas normales y de rumbo lateral derecho, sub-paralelas, que conectan una serie de cuencas tipo "pull-apart". A lo largo del sistema de cuencas se han acumulado grandes volúmenes de sedimento, los cuales han sido depositados en ambientes que van desde transicionales y neríticos hasta pelágicos. La parte central y sur del golfo se caracteriza por la presencia de cuencas estrechas y alargadas conectadas por un arreglo bien desarrollado de fallas transcurrentes dextrales sobre corteza transicional y oceánica. La cuenca Pescadero está ubicada en la desembocadura del Golfo de California, la cual presenta una geometría tipo "Z", con una longitud de ~220km, un ancho de ~70km y una profundidad máxima al fondo marino de ~3.5km. Con el propósito de identificar la estratigrafía, geometría, estructura y posible magmatismo asociado se construye un modelo geológico actual de la región de Pescadero, para lo cual se procesaron datos sísmicos y se generaron perfiles de reflexión sísmica de alta resolución en 2D. Hacia la porción occidental de la cuenca Pescadero, la región de Cerralvo se caracteriza por una serie de cuencas limitadas por fallamiento de bajo ángulo y separadas por altos estructurales que consisten de complejos igneo-metamórficos. El basamento acústico se puede diferenciar como una zona de despegue basal con deformación por cizalla simple. Si se considera el alto estructural como un pliegue, entonces la zona de charnela puede migrar en dirección de la extensión, formando una estructura a nivel cortical conocida como estructuras tipo "rolling hinge" asociadas a complejos de núcleos metamórficos. Aunque se piensa que el sistema de cuencas de Cerralvo es inactivo, la geometría de las estructuras sugieren que el modo de extensión de la región evolucionó de un complejo de núcleo metamórfico para formar una cuenca estrecha conocida como la depresión de Cerralvo. Este estilo de deformación sugiere un periodo inicial de extensión casi ortogonal formando un proto-golfo durante el Mioceno Medio, que posteriormente cambió a un sistema de extensión oblicua para formar la cuenca Pescadero a partir del Mioceno tardío. La estratigrafía sísmica de la región de Cerralvo es bastante dinámica. Se pueden observar potentes paquetes de sedimentos con estratificación cruzada que se acúan hacia los flancos de las cuencas. Estas estructuras sedimentarias sugieren ciclos bien definidos de cambios del nivel de mar. La dinámica del fondo marino también se puede ver evidenciada por la presencia de estructuras erosivas conocidas como superficies de contorno, así como también estructuras depositacionales conocidas como montículos. Las cuencas de esta parte del golfo abarcan espesores de sedimentos de hasta 500m, las cuales albergan importantes concentraciones de gas en los primeros 200m, producto de la gran cantidad de materia orgánica que precipita en la región. Estos sedimentos se encuentran depositados sobre una capa de lavas volcánicas que ocurrieron posiblemente antes de la apertura del golfo.

GET-34 CARTEL

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA NEOTECTÓNICA DEL SURESTE DE TAMAULIPAS

Peña Alonso Tomás¹, Loza Aguirre Isidro², Estrada Juliana¹, Alonso Ramírez Juan³, Velasco Tapia Fernando³, Castellanos Olvin⁴, Silva Margarita¹, Villalobos Escobar Gina¹ y Iriondo Alexander⁴

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas

²Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

³Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

⁴Centro de Geociencias, UNAM
topeax@gmail.com

Rocas ígneas y sedimentarias del Mioceno-Pleistoceno del sureste de Tamaulipas han sido identificadas en la Sierra de Tamaulipas (ST); en el Campo Volcánico de Villa Aldama (CVVA); y en el Homoclinal de San José de las Rusias (HSJ), localizado entre la ST y la línea de costa del Golfo de México. De varias observaciones de campo y del análisis estructural de estas rocas se han identificado al menos dos episodios geodinámicos (A y B) en la región. El episodio A se asocia a la exhumación de los cuerpos intrusivos expuestos al sur de la ST. La mayoría de los intrusivos presentan una geometría circular, diámetros de 3-10 km, y están encajonados por rocas calizas y calco-silicatos del Cretácico. De estos intrusivos se han reportado edades K-Ar de 23.0-19.8 Ma (Cantagrel & Robin, 1979; Camacho-Angulo, 1987). Depósitos de pie de monte en el interior de la ST, con bloques angulares de calizas y granitoides, son en apariencia el resultado del proceso de exhumación de los cuerpos intrusivos. La exhumación también se evidencia a través de llanuras aluviales que, además de seccionar algunos cuerpos intrusivos, están rellenas por depósitos volcánicos (como si fueran terrazas de erosión) en contacto con acantilados de caliza cretácica. El episodio B se asocia a una posible zona de extensión que abarca desde Soto la Marina hasta Aldama. Los bloques levantados

de esta zona de extensión están representados por: a) una zona de escarpes de orientación NNW-SSE, entre los ríos Soto la Marina y Carrizal, localizada dentro del HSJ (al este); y b) el margen oriental de la ST (al oeste). De las observaciones que sugieren el desarrollo de esta zona de extensión se incluye: 1) la zona de escarpes tiene una orientación subparalela y extensión similar al margen oriental de la ST; 2) el margen oriental de la ST y la zona de escarpes presentan una separación relativamente constante (10 km); 3) la zona de escarpes incluye intrusivos, uno de ellos de edad K-Ar de 24 Ma (Camacho-Angulo, 1987); 4) el eje de la zona de extensión contiene dos cuerpos de agua de más de 5 km²; y 5) el CVVA, con evidencia de volcanismo explosivo del Pleistoceno, se ubica en la porción sur del eje de la zona de extensión. Para fechar el episodio A se tiene contemplado calcular las tasas de exhumación de al menos tres cuerpos intrusivos mediante trazas de fisión. En el caso del episodio B, se pretende realizar trabajo de campo en los alrededores de la HSJ y del margen oriental de la ST para buscar fallas asociadas. En caso de identificarlas, además de caracterizar su cinemática, se tratará de fechar minerales de falla para calcular la edad de su actividad.

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizadores:

Roberto Maciel

Pedro Zárate

GGA-1

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE UNA CENTRAL GEOTÉRMICA EN TERRITORIO MEXICANO

Hernández Peraza Dayana¹, Santoyo Castelazo Edgar² y Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Secretaría de Energía³Instituto de Energía Renovable
dayanahernandez891107@gmail.com

El análisis de ciclo de vida es una herramienta esencial para la evaluación del impacto ambiental de las nuevas tecnologías energéticas, principalmente a la hora de establecer la contribución a la reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero y evaluar la sostenibilidad de las mismas. México ocupa el séptimo lugar en el mundo en producción de energía geotérmica y en el actual contexto global se impone la diversificación de la matriz energética mexicana en un mundo donde el agotamiento de los combustibles fósiles es cada vez un problema mayor para los requerimientos de la humanidad, de acuerdo con el mapa de ruta tecnológica de energía geotérmica se plantea para el año 2030 tener un mercado nacional desarrollado con usos directos del calor geotérmico. La metodología de análisis de ciclo de vida ha demostrado una gran efectividad en el análisis de factibilidad de este tipo de proyectos. En el presente trabajo se realizó el análisis de ciclo de vida de una central geotermoeléctrica utilizándose para los valores del inventario de datos simulaciones a partir del método de Montecarlo en base a valores reales de plantas de tipo single flash. Se confeccionó el inventario del ciclo de vida de una planta con una capacidad de 25 MW instalado, se elaboró la estructura del ciclo de vida para la central geotermoeléctrica y finalmente se empleó la herramienta de análisis de ciclo de vida utilizando el software GaBi para evaluar la sostenibilidad de la planta. Como resultado de la investigación realizada se obtuvo que la etapa de construcción se ha presentado como el principal contribuyente a 8 de los impactos ambientales analizados mientras que las emisiones provenientes de la etapa de operación corresponden a cuatro de los restantes impactos analizados para un total de 12 impactos. Como recomendaciones del estudio se definieron los pasos a seguir para la mitigación y adaptación al cambio climático de este tipo de tecnología.

GGA-2

EL ROL AMBIENTAL DE LAS FALLAS Y FRACTURAS EN ALGUNAS ZONAS DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

Hernández Martín y Pacheco Martínez Jesús

Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
mhernandez@correo.uaa.mx

El presente estudio se desarrolla sobre la parte meridional del valle de Aguascalientes, el cual a su vez se ubica en las márgenes de la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental. El relleno del valle de Aguascalientes presenta fallas y fracturas en el terreno, muchas de ellas asociadas directamente al proceso de subsidencia por extracción de agua subterránea. El trabajo se encuentra validado por observaciones de campo, perfiles geofísicos de resistividad eléctrica y sísmicos, así como por datos geoespaciales aplicados en el área de estudio. Los resultados han permitido corroborar que no todas las fallas y fracturas que se observan en superficie aparecieron directamente como consecuencia de la subsidencia, sin embargo, es muy probable que la actividad dinámica de estas discontinuidades se deba a la subsidencia diferencial. La determinación de las características hidromecánicas determinadas mediante geofísica a una falla en particular indica alta tasa de deformación, alta permeabilidad, y una zona de influencia puede alcanzar varios metros. La utilización de estos métodos indirectos se está haciendo extensivo a aquellos puntos en los que la red de drenaje de la ciudad intercepta las zonas de influencia de esta discontinuidad, así como para las discontinuidades que se encuentran dentro del área. Finalmente, los resultados geoespaciales sugieren que las zonas adyacentes a las discontinuidades son las de mayor potencial para que ocurra la recarga de agua subterránea, pero a la vez son las más vulnerable para la contaminación de este recurso.

GGA-3

APLICACIÓN DE MÉTODOS GEOELÉCTRICOS EN EL DELINEAMIENTO DE UNA PLUMA DE CONTAMINACIÓN EN UN TIRADERO MUNICIPAL EN LA CIUDAD DE LINARES, NL.

Gómez González Federico y Méndez Delgado Sóstenes

FCT UANL

fedez90.fct@gmail.com

La ciudad de Linares, N.L. representa, después de la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), el centro urbano de mayor importancia en el estado. Cuenta con una población de 78,669 habitantes y constituye un importante polo de desarrollo debido a su producción agrícola-ganadera y su creciente industrialización. En 1998 inició operaciones el RSM de Linares, N.L., en donde se confinaron en promedio 50 ton/día de residuos sólidos municipales, generando un volumen de lixiviados de 3,240 m³ por año, dando un total de alrededor de 300,000 toneladas de residuos al año 2000 cuando fue clausurado. Se encuentra ubicado directamente sobre el

macizo rocoso y carece de medidas de contención, tales como sistemas de drenaje y una geomembrana en su base. Es necesario conocer mejor la interacción de los lixiviados con el manto freático, de lo cual ya existen estudios hidrogeológicos y geológicos que ahora pueden ser complementados con estudios geofísicos, los cuales pueden mostrar el alcance de la pluma de contaminación.

GGA-4

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN LA CUENCA TAMPICO MISANTLA

Medina Romero Erik, Levresse Gilles, Cerca Martínez

Mariano y Nieto Samaniego Ángel Francisco

Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla

emedinar83@gmail.com

En el presente trabajo se aplica una propuesta metodológica para la búsqueda y selección de sitios potenciales para almacenamiento geológico de CO₂ en la Cuenca Tampico-Misantla. Esta metodología se desarrolló al comparar metodologías previas establecidas en países industrializados y adaptándolas a las necesidades y problemáticas observadas en los países en desarrollo. La pobre disposición de datos, falta de recursos económicos para invertir en proyectos sustentables, así como los movimientos sociales que prevalecen en estas naciones exige el desarrollo de una metodología eficiente. Por el momento, los resultados de los análisis realizados en cada etapa son: 1.- Detección de regiones potenciales: Se determinó el contexto geológico regional, considerando las estructuras principales en la cuenca para tener una idea inicial del estado de esfuerzos regional actual debido a que este afecta la evolución de los esfuerzos como respuesta a la evolución de la presión del fluido durante la inyección del CO₂ y por tanto la deformación resultante. En el estudio se observó la presencia de fallas regionales principalmente laterales, cuyo origen se remonta al Jurásico y que se han reactivado en distintos episodios de deformación. Se realizó una clasificación de los sistemas de almacenamiento, de acuerdo a las propiedades petrofísicas primarias de las unidades geológicas dependientes de su ambiente de depósito. De acuerdo con el análisis realizado se observó que mineralógicamente son mejores los sedimentos terciarios pues incluyen clastos de rocas volcánicas, lo cual favorece el entrapamiento mineral del CO₂, sin embargo, las facies de estos sedimentos (particularmente de la Cuenca de Chicotepec) tiene una distribución espacial limitada. En cuanto a distribución espacial, son mejores las unidades mesozoicas, por ejemplo, la Formación Tamaulipas Inferior o la Formación Tamabra por estar constituida por brechas calcáreas de ambiente de talud continental. Tienen buena capacidad por su distribución espacial, buena inyectabilidad por su permeabilidad y contienen rocas sello encima de ellas. Las unidades de lechos rojos (secuencia syn-rift) depositadas en los grabens pueden presentar buenas características de capacidad (volumen y porosidad), inyectabilidad (permeabilidad) y contención (rocas impermeables encima de ellas), pero su profundidad complica técnicamente las operaciones de inyección. Se desarrolló y aplicó un método de evaluación multi-criterio involucrando restricciones geológicas, sociales, económicas y ambientales asegurándose de seleccionar una región que cumpla con las mejores condiciones para la aceptación social del proyecto. La región de interés principal se ubica al suroeste de la cuenca. 2.- Selección de sitios potenciales: Se creó un modelo estratigráfico-estructural de la región seleccionada para posteriormente realizar una estimación de la capacidad de almacenamiento efectiva. 3.- Conceptualización de sitio: Con el modelo estructural y el estado de esfuerzos actual se evaluará el potencial de reactivación de fallas preexistentes, las cuales pueden representar un patrón de fuga del CO₂ inyectado. 4.- Caracterización Inicial: Completando los pasos anteriores se pretende escoger un sitio, establecer condiciones iniciales y de frontera para realizar una simulación numérica de flujo y deformación.

GGA-5

AVANCES EN LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL MERCURIO EN LA ZONA MINERALIZADA DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

Hernández Silva Gilberto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

ghsilva@geociencias.unam.mx

La minería primaria de mercurio nacional y mundial, atraviesan una situación muy crítica por el eminente cierre de minas y la prohibición del uso de productos industriales y de comercio con contenidos de mercurio, de acuerdo al Convenio de Minamata. Durante 9 años hemos llevado a cabo estudios sobre este elemento altamente tóxico, con temas muy variados, todos dentro del concepto de los Sistemas Terrestres (ST). Durante la primera etapa (2007-2015) realizamos nuestros estudios en el municipio de San Joaquín. En el período 2017-2019, abarcaremos parte de los municipios de Peñamiller, Pinal de Amoles y una pequeña porción del municipio de Tolimán. Para entonces, habremos abarcado todo lo que ahora llamamos la Zona Mineralizada de Mercurio de la Sierra Gorda de Querétaro (ZMMSGQ). Hemos establecido que, en principio, sus límites tienen una extensión de 720 km², área delimitada con base en conceptos geológicos y conceptos de cuenca hidrográfica. La ZMMSGQ actualmente constituye una fuente muy importante y permanente de emisión de gases hacia la atmósfera y es el origen constante de la liberación de Hg hacia los ST. Desde los años 40 del siglo pasado,

ha sido la región con la minería primaria de Hg más importante del país. En este momento la ZMMSGQ en su conjunto, constituye la zona de mayor producción de mercurio en el mundo, según algunas fuentes. En esta ocasión presentamos los avances del muestreo y resultados de los análisis de Hg total (80 % de toda la zona mineralizada) en suelos, sedimentos y terreros (taludes de escombros de minas); Hg total en plantas de maíz, datos no sistemáticos de vapor de Hg en aire y Hg en agua de lluvia; y un esquema de flujo del Hg en los ST de la zona de estudio. Por su interés, solo un tema cae fuera del concepto de los ST: Bioacumulación de Hg en huesos de individuos prehispánicos dedicados a la minería del cinabrio (HgS) que habitaron la Sierra Gorda. Este trabajo lo hemos podido realizar debido al apoyo valioso del PAPIIT-UNAM (Clave IN103817).

GGA-6

ESTUDIOS MAGNÉTICOS Y GEOQUÍMICOS DE SEDIMENTOS DE LA PRESA LA PURÍSIMA (GUANAJUATO): CAMBIOS ESTACIONALES E INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA

Chaparro Marcos A. E.¹, Zanor Gabriela A.², Ramírez Ramírez Margarita², Chaparro Mauro A. E.³, Miranda Avilés Raúl⁴ y Böhnell Harald⁵

¹Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)

²División de Ciencias de la Vida (DICIVA, Universidad de Guanajuato)

³Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)

⁴Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología. Universidad de Guanajuato

⁵Centro de Geociencias (CGEO-UNAM)
chapator@exa.unicen.edu.ar

La presa "La Purísima" se ubica en la región centro del estado de Guanajuato (México) y proporciona actualmente agua para irrigar al distrito de riego Alto Río Lerma; sin embargo, a pesar de sus múltiples usos y funciones ecológicas, en los últimos años este cuerpo de agua ha ido incrementando sus niveles de contaminación debido a las actividades antropogénicas (minero-metalúrgica, urbana y agrícola) en el área de captación. Realizamos una evaluación del ambiente utilizando métodos de magnetismo ambiental, análisis geoquímico, y análisis multivariado. Para la toma de muestras (n= 42), se realizó un muestreo de sedimentos en 16 sitios de la presa durante la estación de secas (enero.2017) y estación de lluvias (septiembre.2017), así como en 12 sitios de la cuenca del Río Guanajuato. Las muestras fueron preparadas en el laboratorio de la DICIVA (México). Los parámetros magnéticos se midieron a partir de estudios de susceptibilidad magnética (#), magnetización remanente anhística (MRA) e isotérmica (MRI), y termomagnéticos (M(T)) realizados en los laboratorios del CGEO (México) y del CIFICEN (Argentina). Adicionalmente, se cuantificaron elementos mediante ICP-OES, se realizaron estudios de difracción por rayos X (DRX), y observaciones por microscopía SEM-EDS. Mediante un análisis integrado (magnético, SEM y DRX) se identificaron minerales ferri- y antiferromagnéticos del tipo magnetita y hematita, y minerales paramagnéticos como sulfuros de Fe del tipo pirita (FeS₂). Los parámetros relacionados con la concentración magnética presentan valores de la mediana menores en la estación de lluvias (#= 22.0×10-8m3kg-1; MRIS= 3.8×10-3m3kg-1) respecto a la estación de secas (#= 35.7×10-8m3kg-1; MRIS= 6.8×10-3m3kg-1). Por otro lado, la comparación magnética de los sedimentos de la presa con los aportes de la cuenca del Río Guanajuato (magnetita Tc= 580°C, #= 36.7-391.2×10-8m3kg-1), indica que los minerales magnéticos sufren transformaciones (diagénesis temprana) dentro de la presa produciendo minerales paramagnéticos y antiferromagnéticos que llevan a una disminución en la concentración magnética. Los elementos As (15.1mg/kg), B (28.4mg/kg), Ba (259.2mg/kg), Co (11.7mg/kg), Cr (42.4mg/kg), Fe (29.9g/kg), Mg (11.3g/kg), Mn (853.2mg/kg), Ni (17.8mg/kg), P (741.9mg/kg), y S (8.5g/kg) aumentan en la estación de lluvias entre 24-255%, excepto el Cd (1.5mg/kg) que disminuye un 26%. El análisis de componentes principales (PCA) de los dos tipos de variables muestra correlaciones estadísticamente significativas (p#0.01 y p#0.05). Se observa en el plano coordenado PC1-PC2 (66%) correlaciones directas entre los parámetros dependientes de la concentración #, MRIS, y MRA, con Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, y V; y por otro lado, correlaciones inversas con Ba, Be, Mn, y S. El análisis de clusters (CA) identificó a tres grupos, dos de los cuales diferencian cada estación. Las diferencias magnéticas entre estos dos grupos se deben a las variables de concentración; presentando el grupo estación secas valores de concentración mayores respecto al grupo estación lluvias.

GGA-7

MONITOREO MAGNÉTICO DE AEROPARTÍCULAS EN PARADAS DE AUTOBUSES DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA (ARGENTINA)

Chaparro Marcos A. E.¹, Castañeda-Miranda Ana G.¹, Gargiulo

José D.¹, Molinari Daniela A.² y Chaparro Mauro A. E.³

¹Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)

²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP)

³Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)
chapator@exa.unicen.edu.ar

El crecimiento del parque automotor en las ciudades tiene como primera consecuencia adversa el aumento de la contaminación atmosférica. El autobús (transporte público) es uno de los vehículos que más contamina debido a su constante uso y bajo mantenimiento. Las paradas de transporte público destinadas a acoger pasajeros en espera, son espacios de frenado y aceleración de autobuses que constituyen un serio riesgo para la salud debido a la emisión de material particulado (PM, aeropartículas <10 µm) que es arrojado frecuentemente. En este trabajo estudiamos polvos atmosféricos depositados en colectores pasivos (placas receptoras con vaselina como adherente diamagnético), colocado en 21 paradas en el área urbana de la ciudad de Mar del Plata (Argentina; población aprox. 650.000 habitantes). Las placas fueron expuestas durante 4 meses, colocadas en abril del 2017 y recolectadas en julio del 2017. Se estudió la capacidad de estas placas para recolectar PM proveniente del transporte público; y la caracterización del PM se realizó a partir de estudios magnéticos que se complementaron con análisis micromorfológicos (SEM-EDS) y estudios elementales (ICP-OES). Las propiedades magnéticas se determinaron a partir de estudios de susceptibilidad magnética específica (#), susceptibilidad anhística (#MRA), y magnetización remanente isotérmica (MRI) realizados en el laboratorio del CIFICEN (Argentina). Las mediciones realizadas en el laboratorio muestran que la vaselina es un material adherente diamagnético (#= -1.8 ×10-8m3kg-1) apropiado para contrastar las características ferromagnéticas (coercitividad de remanencia Hcr= 36.2-40.3 mT) del PM emitido por vehículos. Las mediciones de MRI indican la presencia de magnetita (coercitividad de remanencia de adquisición H1/2= 50.1-52.5 mT) como principal mineral magnético y minerales adicionales de alta coercitividad como hematita (H1/2= 158.5-199.5 mT), con distintas concentraciones (#= 175.6-317.9 ×10-8 m3kg-1) y tamaños de grano magnético respirable (cociente anhístico #MRA/#= 1.8-4.5) que varían mayormente entre 0.2-1 µm, hasta 5 µm. Los análisis de SEM-EDS muestran la presencia de óxidos de Fe con distintas morfologías, entre ellos, (semi)esférulas y partículas irregulares, con tamaños de grano que en general varían entre 0.8-4 µm. Asimismo, los datos magnéticos y de elementos potencialmente tóxicos (V, Cr, Cu, Zn, Mo, Sn, Sb, Pb y Fe) fueron analizados estadísticamente mediante técnicas multivariadas (análisis de componentes principales PCA, y análisis de clusters difusos). Los estudios muestran que las paradas de autobuses son elementos urbanos de dimensiones acotadas, en donde se concentra una mayor cantidad de PM proveniente del transporte público. Las placas con adherente diamagnético, son capaces de interceptar y recoger los polvos atmosféricos. De este modo, este colector pasivo constituye una alternativa económica y de simple preparación para el uso en monitoreos espaciales de la contaminación atmosférica.

GGA-8

ESTUDIO GEOQUÍMICO Y GEOFÍSICO DE SUELOS AGRÍCOLAS EN EL ÁREA DE CERRITO BLANCO, MATEHUALA, SAN LUIS POTOSÍ

Cordero Vázquez Christian Yamir, Martínez Villegas Nadia Valentina y Delgado Rodríguez Omar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT
christian.cordero@ipicyt.edu.mx

La irrigación de suelos agrícolas con agua contaminada con arsénico ocasiona el enriquecimiento de los mismos con arsénico. En suelos permeables y aireados se espera que el arsénico sea inmovilizado en la superficie del suelo a través de su adsorción en óxidos de hierro. No obstante, en suelos calcáreos y/o gypsicos, en ambientes semiáridos, relativamente pobres en óxidos, podría existir la posibilidad de que el arsénico se lixivie debido a la solubilidad de las fases sólidas del suelo. Por tal motivo, en este estudio se investigó la lixiviación de arsénico en suelo agrícolas calcáreos y gypsicos con antecedentes de irrigación con agua contaminada. Para dicho efecto, i) se investigó el valor de fondo, ii) se recolectaron muestras de suelo agrícola superficial (0-30 cm) y vertical (0-60 cm) en las que se determinó la concentración de arsénico total, la concentración de arsénico soluble en agua y la mineralogía y iii) se estimó la permeabilidad del suelo. Los resultados muestran que en suelos calcáreos y gypsicos con historial de irrigación con agua contaminada, el enriquecimiento de arsénico es hasta 5 veces mayor que el valor de fondo (35 mg/kg), alcanzando valores de hasta 185 mg/kg. Además, que el arsénico se lixivía a lo largo del perfil del suelo (0-60 cm) debido a una alta solubilidad del arsénico (10% del arsénico total en promedio). Lo anterior, en permeabilidades bajas del suelo (0.002 cm/h y 1.23 cm/h), resaltando la importancia de la mineralogía en la movilidad del contaminante en este tipo de suelos.

GGA-9 CARTEL

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE BACTERIAS ACIDÓFILAS EN LA GENERACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA EN TAXCO, GUERRERO

Ramos Pérez Daniel¹, Santana Silva Alicia², Fernández Silvia²,
Romero Francisco Martín² y Alcántara Hernández Rocío Jetzabel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM

danielrampz@gmail.com

En el año 2007, después de que la actividad minera quedara suspendida en el distrito minero de Taxco, a causa de una huelga, se produjo un serio problema de drenaje ácido de mina (DAM), el cual comenzó a salir del Socavón 1412, al pie de la presa de Jales Guerrero. Este fenómeno fue originado debido a la acumulación de agua subterránea infiltrada entre las rocas fracturadas de la montaña, la cual dejó de reciclarse en el proceso minero debido al paro de actividades. Después de uno o dos años de inactividad, el DAM generado comenzó a salir de la bocamina con un volumen estimado de 820 galones/min. Entre los años 2017 y 2018, se detectó un aumento en la concentración de los principales metales disueltos en el DAM (Fe y Zn), y la presencia de bacilos largos Gram (-) móviles en alta concentración en el drenaje ácido procedente del Socavón 1412. En el presente estudio se evaluó la presencia de bacterias acidófilas en el DAM procedente del socavón 1412 y su efecto en la lixiviación de los minerales presentes dentro de la mina. Las bacterias fueron aisladas de muestras colectadas dentro de la mina en medio T&K modificado mediante la adición de Zn, la composición de las muestras fueron caracterizadas por ICP-OES y IC, la concentración de bacterias presente fue determinada por conteo directo en cámara de Neubauer. Las bacterias aisladas fueron enriquecidas y sus parámetros de crecimiento en medio T&K modificado fueron evaluados. Finalmente, se colectaron muestras del mineral presente en la mina de origen, el cual fue caracterizado por XRF y XRD y se realizaron cultivos en T&K modificado adicionando el mineral e inoculando las bacterias aisladas, observando diferencias significativas en la lixiviación de elementos como el Fe, Zn y sulfatos.

GGA-10 CARTEL

SISTEMA PASIVO MULTITAPAS PARA EL TRATAMIENTO DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA MEDIANTE EL USO DE FILTROS DE ROCA CALIZA Y HUMEDALES ARTIFICIALES: UN ESTUDIO A ESCALA PILOTO

Ramos Pérez Daniel¹, Agudelo García Angie Stefania²,
Mercado-Borrayo Bertha María² y Romero Francisco Martín²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM

danielrampz@gmail.com

Las actividades minero-metalúrgicas a largo del mundo, han producido cantidades abundantes de residuos ricos en minerales sulfurados con altos contenidos de elementos potencialmente tóxicos (EPT), que expuestos al oxígeno y al agua en condiciones ambientales, promueven la generación de lixivios ácidos denominados como Drenaje Ácido de Mina (DAM), caracterizados por un pH bajo, una conductividad eléctrica (CE) alta, elevadas concentraciones de hierro, aluminio y manganeso; y bajas concentraciones de EPTs, que en caso de ser liberados al medio ambiente, pueden contaminar cuerpos de aguas, suelos, flora y fauna, por lo cual es importante desarrollar sistemas para remediación y control. En el distrito minero de Taxco, ubicado al norte del estado de Guerrero, México, se ha reportado un serio problema de DAM proveniente del socavón 1412 con un volumen estimado de 820 galones/min, caracterizado por bajos valores de pH (4.4-1.7), CE (8.648-2.021 mS/cm), alta concentración de sulfatos (7438.7-1575 mg/L) y presencia de EPT como Al (126.3-28.8 mg/L), As (1.83-0.10 mg/L), F (33.0-8.9 mg/L), Fe (481-76.9 mg/L), Cd (7.08-1.15 mg/L), Cu (10.6-0.5 mg/L), Mn (132.5-20.3 mg/L) y Zn (1163.8-274 mg/L). En el presente estudio, se desarrolló una planta a escala piloto para el tratamiento del DAM en Taxco, Gro. mediante un sistema multitapas en serie, con dos fases, una inorgánica, conformada por tres filtros de roca caliza y tres sedimentadores y una biológica conformada por 3 humedales artificiales inoculados con un consorcio fotosintético y la presencia de Arundo donax. Los parámetros fisicoquímicos de salida de cada etapa fueron evaluados diariamente. Para valorar la eficiencia y mecanismo de remoción de EPT se determinó su concentración en cada etapa por ICP-OES y los sedimentos formados se caracterizaron por XFR-WDS, XRD y EPMA-WDS. Los resultados demostraron que la fase inorgánica es eficiente en la remoción de Fe del 99.7-99.1% por precipitación de óxidos, oxihidróxidos e hidróxidosulfatos, 42.9 % para el As por sorción en los minerales de Fe, 92.4% para el Al por precipitación de hidróxidos amorfos y zincowoodwardita, por otra parte en la fase biológica, se remueven elementos como Cu, Cd, Mn, Zn y sulfatos con eficiencias de remoción de 68%, 51.8%, 38.5%, 8.3%, 36.1% y 21.7% respectivamente, cuya remoción se atribuye a mecanismos de rizofiltración asociados a Arundo donax y absorción por los microorganismos fotosintéticos presentes.

GGA-11 CARTEL

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA LA PURÍSIMA (GUANAJUATO)

Ramírez Ramírez Margarita¹, Puy y Alquiza María Jesús¹, Miranda Avilés Raúl²,
González Castañeda Jaqueline¹, Rubio Jiménez Carlos Alberto² y Ana Zanoor Gabriela¹

¹Departamento de Ciencias Ambientales, DICIIVA, Universidad de Guanajuato

²Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato
margarita20_17ramirez@outlook.com

La presa La Purísima tiene importancia en el estado de Guanajuato por sus funciones ecológicas, económicas, sociales, recarga de acuíferos y suministro de agua al distrito de riego 011 Alto Río Lerma. Tiene una capacidad de 196 millones de m³ agua. La presa desde su origen (1979) presenta impactos ecológicos por la actividad minero-metalúrgica en el área de captación de la cuenca y actividad urbana e industrial de la microcuenca. El objetivo del estudio fue evaluar la variación espacial y temporal de los indicadores de calidad e hidroquímica del agua, se realizó en la época seca y húmeda del año 2017, colectando en las zonas ribereña, de transición y lacustre 32 muestras en total. Se evaluó la DQO y P total (conforme a la norma) e in situ las variables T, pH, ORP, OD, CE, STD (sonda HANNA HI98194). Los aniones se cuantificaron por Cromatografía iónica de alta resolución y elementos traza (ET) por ICP-OES. Las variables fueron evaluadas con LMP de normas nacionales (promedio por época). Se realizó comparación de medias para aniones y ET mediante Test-t para muestras independientes y Test-f para analizar efecto de zona (Statgraphic 5.1). El pH resultó alcalino en ambas épocas. En temporada seca las concentraciones medias en aniones fueron menores (Cl- 16 mg/L, SO42- 63 mg/L, NO3- 2.7 mg/L) y los ET fueron mayores (As 0.02 mg/L y Zn de 0.01 mg/L) respecto a la temporada húmeda con aumento en aniones (Cl- 18 mg/L y SO42- 69 mg/L) y ET con menor concentración (aniones y ET no sobrepasaron LMP). En época seca la DQO fue 81.2 mg O2/L (ribereña) y 46.4 mg O2/L (transición) resultando contaminadas. En época húmeda la DQO en zona ribereña fue 39 mg O2/L límite de aceptable. La época seca mostró: ORP de 179 mV, 7.6 ppm de OD, 283 µS/cm en CE y 143 mg/L en STD. En época húmeda el ORP y OD disminuyeron, la CE incrementó (395 µS/cm) al igual que los STD (198 mg/L). El P total fue 0.87 ppm (temporada seca; ribereña), 1.04 ppm (húmeda; ribereña) y 0.55 ppm (húmeda; transición). Con Test-f: F-, Cl- y Zn no tienen diferencia significativa por zona; NO3-, SO4-2, As sí hay diferencia. Test-T: F-, NO3-, Zn no hay diferencia significativa; en Cl-, SO4-2 y As hay diferencia en zona transición-lacustre con 95% de nivel de confianza. Los ET y aniones presentan interacción en la zona transición-lacustre (ambas épocas). En época seca la concentración de ET aumenta y en aniones disminuye, caso contrario en época húmeda donde la concentración de aniones incrementa, probablemente con la entrada de nutrientes, minerales, aguas residuales y residuos (agrícolas y mineros) movilizadas a través de escorrentías que alimentan la presa. Este estudio es útil para la gestión del recurso agua y detectar las áreas con mayor acumulación de contaminantes.

GGA-12 CARTEL

EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL POR LA ELEVADA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y FLUORURO EN POZOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE VILLAGRÁN, GUANAJUATO

Barrera Arrazola Andrea Pamela¹, Morales Arredondo

José Iván² y Armienta Hernández María Aurora²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México
padme894@ciencias.unam.mx

Se ha reportado que en la porción oeste del acuífero del Valle de Celaya existen pozos urbanos de agua potable que abastecen a la población del municipio de Villagrán, Guanajuato que presentan concentraciones elevadas de arsénico (As) y fluoruro (F-) que superan los valores permitidos por la NOM-127-SSA1-1994 y la Organización Mundial de la Salud (hasta tres veces). Se eligió el pozo urbano que abastece al fraccionamiento de Praderas de la Venta (PV) en Villagrán por ser el que presenta las concentraciones más elevadas. Este escenario representa un riesgo ambiental, ya que estar expuesto a altas concentraciones de ambos elementos puede provocar efectos adversos a la salud de la población si el agua se consume directamente sin ningún tratamiento y durante un tiempo prolongado. Para determinar el riesgo al que está expuesto la población se realizó una evaluación de riesgo por exposición a elevados contenidos de As y F- en agua subterránea, se utilizó la metodología sugerida por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). El F- es una sustancia no cancerígena, por lo tanto, se calculó una estimación de exposición a fluoruros (EEF), en donde se considera la concentración de F- en el medio de interés, en este caso el agua subterránea, así como el consumo diario de agua del individuo y su peso, estos dos últimos parámetros se obtuvieron realizando encuestas a la población del fraccionamiento de PV. En el caso del As, se calculó la probabilidad incremental de adquirir cáncer (R) al considerarse una sustancia cancerígena para los seres humanos, para su cálculo se consideraron otros parámetros como la frecuencia y duración de exposición. Para ambas sustancias se calculó el EEF y R para dos grupos poblacionales, adolescentes y adultos. La EPA estableció que si el valor de EEF > 0.05 mg/kg/día con exposición crónica de 5 años, se considera un factor de riesgo para desarrollar fluorosis dental y si el valor de EEF > 0.12 mg/kg/día con exposición crónica de 15

años, se considera un factor de riesgo para desarrollar fluorosis esquelética. Para el As, el riesgo se considera inaceptable cuando esta probabilidad supera el valor 10⁻⁵. Los resultados indican que la población del fraccionamiento PV se encuentran en riesgo latente por exposición a As y F⁻ en agua subterránea. Se encontró que el grupo poblacional que se encuentra en mayor riesgo es el de adolescentes con valores de EEF de 0.292 y R de 6.52E-04 lo que significa un incremento en la probabilidad de adquirir cáncer a largo plazo y probable padecimiento de fluorosis dental o esquelética a largo plazo. El tiempo de exposición es un factor determinante para el incremento del riesgo de presentar afectaciones a la salud por exposición a cualquiera de las dos sustancias. La importancia del trabajo radica en generar información que permita conocer el posible riesgo al que pueda estar expuesta la población, y de esta forma, implementar políticas públicas encaminadas a solucionar la problemática.

GGA-13 CARTEL

EVALUACIÓN DE METALES TÓXICOS EN AGUA, ALGAS Y SEDIMENTOS EN EL RÍO XICHÚ, GUANAJUATO

Muñoz García María Fernanda, Bojorge-García Miriam Guadalupe, Muñoz Torres María Carolina, Foster Velázquez Christopher Enrique y Cantoral Uriza Enrique Arturo

UMDI-Fac.Ciencias, UNAM
mafer.m.garcia17@ciencias.unam.mx

Históricamente la explotación minera en México, ha dejado grandes estragos, tanto en los ecosistemas aledaños a las zonas de extracción, como en las poblaciones humanas que explotan y hacen uso de los recursos cercanos a las minas, ya que una vez extraídos los minerales, se desechan los residuos denominados jales mineros los cuales contienen metales tóxicos que son dispersados por procesos naturales como la erosión. La región de Xichú, ubicada al noreste del estado de Guanajuato, estuvo bajo la explotación minera hasta hace un siglo, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de los jales sobre el río Xichú mediante la evaluación de Metales Tóxicos (MT) en agua, algas y sedimentos. Para ello se tomaron muestras a lo largo del río siguiendo el cauce, seleccionando tres tramos de río con base en la distancia de los jales. Sitio uno (S1) antes de los jales, Sitio dos (S2) en los jales y Sitio tres (S3) posterior a estos. Las muestras fueron procesadas de acuerdo al EPA 3051, y posteriormente fueron analizadas por la técnica de espectrofotometría de emisión atómica con plasma acoplado por inducción (ICP-OES). Los valores obtenidos con el ICP-OES mostraron que la mayor concentración de MT se registró en los sedimentos seguida por la biomasa alga y por último el agua. La concentración de MT en sedimentos y algas son de hasta de 3000 veces más que en el agua. Esto puede deberse a dos factores; el primero es la capacidad que tienen las algas registradas (*Cladophora* sp, *Spirogyra* sp y *Stigeoclonium* sp) de bioacumular MT y el segundo a que el flujo de agua favorece el movimiento de los MT y su posterior precipitación. La prueba de Kruskal Wallis reportó que existe diferencia significativa ($p=4.901 \text{ E}-13$) entre las concentraciones de MT en las algas de los tramos de río colectados, esto puede deberse a la capacidad de cada alga para incorporar los MT a sus tejidos. Las concentraciones de MT en agua estuvieron por debajo de los límites permitidos por las normas NOM-001 Y 002-SEMARNAT para aguas residuales para uso agrícola. Sin embargo las concentraciones registradas en sedimentos y algas se encuentran muy por encima de estos límites. Siendo los MT con mayor concentración el As (0.031 mg/kg en agua, 113 mg/kg sedimentos y 83.589 mg/kg en algas), el Pb (0.007 mg/kg en agua, 244 mg/kg en sedimentos y 57.496 mg/kg en algas) y el Zn (0.034 mg/kg en agua, 610 mg/kg en sedimentos y 600.203 mg/kg en algas) lo cual puede representar un riesgo para la población que utiliza esta agua (agricultura y ganadería), ya que los MT acumulados tanto en algas como en el sedimento pueden ser liberados al medio acuático por la muerte de las algas y la resuspensión del sedimento en las épocas de lluvia lo que podría incrementar la concentración de estos elementos en el agua.

GGA-14 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE ANIONES MAYORES PRESENTES EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y FLUORURO CON ROCAS CALIZAS

Armienta Hernández María Aurora¹, Sosa Islas Antonio Salvador², Aguayo Ríos Alejandra¹ y Cruz Ronquillo Olivia¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México., UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias de la Tierra
victoria@geofisica.unam.mx

La presencia de arsénico y fluoruro en las aguas subterráneas constituye un riesgo para la salud humana debido a su consumo como agua de bebida o en la preparación de alimentos. En México, varios acuíferos contienen niveles de estos elementos que sobrepasan las normas para agua potable. Estudios previos con soluciones de arsénico y fluoruro independientemente han mostrado la capacidad de rocas calizas procedentes de Zimapán, Hgo. para remover estos elementos. Sin embargo, es necesario evaluar la factibilidad de utilizarlas en aguas subterráneas que presenten otros aniones; para ello se efectuaron experimentos en columnas empacadas con roca caliza de la formación Tamaulipás que se alimentaron continuamente con distintas concentraciones de As y/o fluoruro (similares a las del pozo más contaminado de Zimapán) así como bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se utilizó un tamaño de partícula de 0.5 a 1.41 mm. Se determinaron los valores

de pH, conductancia y Eh en 5 puertos de salida a lo largo de las columnas a distintos tiempos en un periodo de 4 meses. Las concentraciones de los iones alimentados se midieron en las soluciones colectadas en el primer y quinto puertos de muestreo. El análisis de arsénico se realizó por espectroscopia de absorción atómica con generación de hidruros y sistema de análisis por inyección en flujo, las concentraciones de fluoruro y cloruros se determinaron mediante potenciometría con electrodos selectivos y las de bicarbonato por titulación con ácido. Los resultados mostraron que el fluoruro, cloruro y sulfato no influyen o tienen poca influencia en la remoción de arsénico (se logró disminuir la concentración de arsénico desde 1.2 mg/L a valores inferiores a la concentración establecida en la norma mexicana para agua potable de 0.025 mg/L), mientras que los bicarbonatos disminuyen la misma cuando se presentan en mayores concentraciones. La remoción de fluoruro fue baja en todas las condiciones evaluadas. Los resultados obtenidos indican que esta roca es promisoría para la eliminación de arsénico de agua subterránea contaminada. Se agradece el apoyo del proyecto DGAPA PAPIIT IN106918 para la realización de este trabajo.

GGA-15 CARTEL

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN SUBTERRÁNEA POR LIXIVIADOS EN EL C. DE LA CAMPANA, TACÁMBARO, MICHOACÁN

Domínguez Toledo Alejandría Jocelyn
Instituto tecnológico superior de tacámbaro, ITST
jocelyndominguez@gmail.com

Alejandra Jocelyn Domínguez Toledo. Municipio donde habitan 59 920 personas generando un poco más de 30 toneladas de RSU diarios, antes de la clausura del vertedero a cielo abierto, en el año 2017, solo se depositaba la basura y al final de la jornada se cubría con tierra generando jaurías de perros, insectos, bacterias y por supuesto lixiviados que se infiltran y bajan por las escorrentías subterráneas que cruzan por el lugar produciendo un conflicto entre los ejidatarios de los pueblos vecinos. Para ello es necesario hacer estudios de la zona y determinar el volumen afectado, los componentes de dicho lixiviado, la acidez del suelo y si es posible la restauración de la zona, así como la propuesta de un relleno sanitario propio con aprovechamiento de biogás para establecimiento de energía. La acumulación de RSU en zonas volcánicas genera una gran infiltración de los lixiviados, tales como, metales pesados; el cadmio, cromo, cobre, fierro, plomo y zinc, que pueden causar enfermedades a las personas que habitan en los alrededores de Tacámbaro. Aunado a esto el biogás como degradación de la materia acumulada en los depósitos de desechos cuyo producto final es el bióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃) y agua (H₂O) siendo del causante de incendios en el medio. Se pretende la concentrización a las personas del municipio con el buen manejo miento de RSU por medio del relleno sanitario propio induciendo a la colaboración para generar energía a través de lo que nosotros mismos generamos. Considerar a las personas que son afectadas en los alrededores controlando plagas, la restauración de la zona para que no se sigan contaminando las escorrentías subterráneas que abastecen las comunidades vecinas, obteniendo como resultado un municipio limpio.

GGA-16 CARTEL

USO DE LA EPÍFITA TILLANDSIA RECURVATA PARA BIOMONITOREO MAGNÉTICO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA PLATA, ARGENTINA

Castañeda-Miranda Ana G.¹, Chaparro Marcos A. E.¹, Marié Débora C.¹ y Chaparro Mauro A. E.²

¹Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)

²Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)
agmiranda82@gmail.com

Tillandsia recurvata L. es una planta epífita vascular que absorbe agua y nutrientes minerales de la atmósfera, también puede acumular/atrapar partículas atmosféricas (material particulado PM10, PM2.5) en sus tejidos (matriz diamagnética). Esta característica la convierte en una especie adecuada para monitoreos de la contaminación del aire, urbana e industrial. La especie se puede encontrar en la zona urbana de la ciudad de La Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina), que es la cuarta ciudad más poblada de Argentina (aprox. 750.000 habitantes) y el quinto aglomerado urbano con más habitantes después de la capital argentina (ciudad de Buenos Aires). En este aporte investigamos la especie *T. recurvata* como biomonitor magnético de la calidad del aire en el área urbana de La Plata. Durante el mes de Julio del 2018 se comprobó la abundancia y buena distribución de la especie en la zona de muestreo, por lo cual, se colectaron 37 muestras de 23 sitios expuestos a diferentes grados de contaminación. Las propiedades de las partículas magnéticas acumuladas se determinaron a partir de estudios de magnetismo ambiental (susceptibilidad magnética #, magnetización remanente anhistrérica MRA, e isotérmica MRI) y se complementó con estudios elementales (ICP-OES). Las relaciones entre los datos magnéticos y de elementos fueron analizados mediante estadística multivariada. El análisis magnético revela la presencia de minerales ferrimagnéticos del tipo magnetita (coeficiente S = 0.71–1; coercitividad de remanencia Hcr = 33.7–40.5 mT) con tamaños de granos magnéticos entre 0.1 µm y 5 µm (#MRA/# = 0.9–6.0) correspondientes a partículas respirables que implican riesgos para la salud. A partir de los resultados del parámetro # (= 8.0–165.2 ×10⁻⁸ m3kg⁻¹) y MRIS (= 0.9–11.2 ×10⁻³ Am2kg⁻¹), se

observa que estas partículas varían su concentración entre sitios con diferente influencia antropogénica (tránsito vehicular). Los resultados obtenidos en este trabajo fueron comparados con resultados reportados con la misma epífita en ciudades con diferentes características naturales y carga de contaminantes, como Medellín (Colombia) y Querétaro (México). De este modo, probamos la utilidad de los métodos de magnetismo ambiental y las epifitas vasculares (aprovechando su distribución natural en las urbes) para biomonitoreos espaciales y temporales de contaminantes PM, generando resultados confiables en forma simple y económica.

GGA-17 CARTEL

DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RÍO QUERÉTARO Y SUS AFLUENTES

Bolaños Aguilar Carlos Emiliano¹, Bojorge-García Miriam Guadalupe² y Cantoral Uriza Enrique Arturo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México
carlosemiliano23@gmail.com

En la actualidad varios países han impulsado el uso de organismos (algas, peces, anfibios y macro-invertebrados) como herramientas en la evaluación del estado ecológico de aguas superficiales. El monitoreo con organismos o bio-monitoreo permite disminuir el uso de equipos tecnificados y a la vez tienen una respuesta integradora con respecto a su ambiente. Dentro de este grupo las diatomeas son las micro-algas más utilizadas, ya que son sensibles a los cambios físicos y químicos de los sistemas acuáticos, resultado tanto de eventos naturales como de las actividades humanas. En este trabajo se evaluó la calidad ambiental en el río Querétaro y sus afluentes mediante la identificación de los cambios de la riqueza de las diatomeas bentónicas como respuesta a las características fisicoquímicas de los sitios. Los sitios de estudio fueron seleccionados con el objetivo de cubrir diferentes grados de alteración resultado de la actividad humana. Las muestras de diatomeas fueron obtenidas y analizadas siguiendo el protocolo de muestreos y análisis de fitobentos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, España 2005; se raspó la superficie de 100 cm² en rocas sumergidas en el río y se limpiaron por el método de peróxido de hidrógeno caliente. Para la identificación se utilizaron claves taxonómicas especializadas y se hicieron análisis con respecto a la presencia y ausencia de las especies de diatomeas. Se identificaron 89 taxas de las cuales 83 fueron del Orden Pennales y 6 del Orden Centrales. Los géneros con más especies fueron Navicula (15 especies) y Nitzschia (11 especies), seguido por Gomphonema y Pinnularia (con 5 especies cada uno). De acuerdo al índice de similitud de Jaccard los sitios se dividieron en tres grupos. El primer grupo conformado por los sitios con mejor calidad ambiental caracterizado por la mayor riqueza específica (67 especies) y la presencia de especies reportadas como oligomesosaprobias (e.g. Pinnularia borealis y Lenticula nivalis); seguido por el segundo grupo con una riqueza específica de 44 especies y la presencia de especies de meso a polisaprobias (e.g. Achnanthes minutissimum, Surirella brevissonii) y por último el tercer grupo con la menor riqueza específica (28 especies) y un mayor número de especies reportadas como polisaprobias (e.g. Nitzschia amphibia f. rostrata, Fistulifera saprophila). La agrupación resultado del índice de Jaccard sugiere que la riqueza específica tiene una relación negativa con el grado de perturbación lo cual se corroboró con el análisis de Spearman que reportó una relación negativa ($p < 0.05$) entre la riqueza específica y el incremento de temperatura, conductividad, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal, el nitrógeno orgánico, los ortofosfatos y el fósforo total. La modificación de estas variables causa estrés fisiológico sobre las especies poco tolerantes a la contaminación, lo que favorece el establecimiento y permanencia de especies tolerantes. A partir de los resultados obtenidos se demostró que las diatomeas bentónicas son una buena herramienta para el bio-monitoreo ambiental y que su uso permitiría un mejor análisis para monitorear los problemas relacionados con la contaminación de cuerpos acuáticos.

GGA-18 CARTEL

MANGANESO COMO CATALIZADOR EN EL PROCESO DE OXIDACIÓN DE SHA DENTRO DE SISTEMAS LIMNOLÓGICOS, COMO EL LAGO DE XOCHIMILCO

Cruz Ronquillo Olivia¹, González Guadarrama María de Jesús², Armienta Hernández María Aurora¹, Aguayo Ríos Alejandra¹ y Cervantes Carrillo Francisco Javier³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología UNAM

³IPICYT

olcruz@geofisica.unam.mx

El Lago de Xochimilco es un sistema lacustre que debido a su explotación en actividades agrícolas y turísticas así como el incremento en los asentamiento humanos a su alrededor, se ha visto disminuido a canales en gran parte de su extensión. Éste es un sitio con gran importancia biológica por ser hábitat de especies endémicas como es el Axolotl, anfibio que debido a su naturaleza tiene una gama de aplicaciones médicas, además de contribuir a la biodiversidad. En este lago encontramos zonas donde existe un exceso de materia orgánica, que puede crear condiciones anóxicas y reductoras, y otros sitios con menor concentración de materia orgánica, además de metales y metaloides, los cuales reaccionan entre

ellos. En general, dentro de los sistemas limnológicos es posible encontrar materia orgánica como las Sustancias Húmicas Acuáticas (SHA) y metales como el Mn, elemento que de acuerdo por lo descrito por Margalef (1983) no es un elemento estable en medios acuosos y generalmente se encuentra en estados de oxidación II ó IV. Sin embargo, poco se ha estudiado el comportamiento del Mn cuando actúa con la materia orgánica y en específico cuando reacciona con SHA, las cuales son consideradas como material refractario en sistemas acuáticos debido a la falta de organismos capaces de degradarlas, a diferencia de lo que ocurre en los suelos (Motuzoba et al., 2012). Al estudiar las reacciones entre SHA procedentes de Xochimilco y diferentes metales, se observó que se forman los complejos correspondientes y que tienden a ser estables una vez formados, no así para el Mn, ya que en este caso se aprecia la oxidación de la materia orgánica hasta formar el carbonato correspondiente (González-Guadarrama et al., 2018). El análisis por medio de Espectroscopía Fotoelectrónica de Rayos X (XPS por sus siglas en inglés), mostró que en efecto el Mn se encuentra dismutando entre II y IV, lo que se convierte en determinante para entender lo que ocurre con las SHA y su proceso de oxidación. La comparación de su comportamiento químico con elementos tales como Cu y Zn permitió observar que estos elementos no dismutan y sólo se encuentran en estado de oxidación de II. Lo más importante a destacar es que hasta el momento no se había considerado la posibilidad de que el Mn pudiera catalizar la reacción de oxidación de materia orgánica a carbonatos en el medio acuoso. Los resultados obtenidos son muy importantes porque la presencia de carbonatos es capaz de afectar las condiciones de un sistema acuático en cuanto a pH y potencial redox y enfrentar a los organismos a distintos ambientes en extensiones cortas.

GGA-19 CARTEL

ANÁLISIS#DE LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO FORESTAL EN LA#CUENCA DEL RIO DE#TACÁMBARO, MICHOACÁN

López Ortega Ana Brenda, Rentería Ortega Ana Victoria y Maciel Rivera Addí Emanuel
Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST
anabreenlopez@gmail.com

A nivel mundial, regional y local existen diversos factores que influyen en el cambio del uso del suelo, que en su conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental. El estado de Michoacán, principal productor de aguacate en el país, se ha posicionado en los primeros lugares de deforestación con una tasa anual de 690 ha según datos de la Sagarpa generados en el 2012. Entre los impactos ambientales con mayores consecuencias está la disminución de las superficies boscosas (con sus efectos negativos en el sistema hidrológico), el elevado uso de agroquímicos en los cultivos, la pérdida de la biodiversidad y una mayor presión sobre el bosque por la demanda creciente de grandes volúmenes de madera para el empaque y transporte del fruto. La región de Tacámbaro se ha posicionado como el segundo lugar en la producción de aguacate y se encuentra dentro de los cinco municipios Michoacanos con más hectáreas productoras de este fruto, lo que ha generado un alto impacto ecológico por el cambio de uso de suelo en la región, el cual no ha sido medido hasta la fecha. El objetivo de este trabajo es determinar los tipos y el grado de afectaciones presentadas por el acelerado cambio de cobertura boscosa presente en la cuenca del río de Tacámbaro, a partir del análisis de imágenes satelitales y archivos históricos de la región, con la finalidad de crear un mapa de cambio de uso de suelos actualizado. Que ayudara a proponer un sistema de control y monitoreo que asegure el abastecimiento de la recarga del acuífero local que genera el río de Tacámbaro y alimenta a toda la población de la zona sur del municipio y algunas comunidades de los municipios aledaños, así como medir el impacto ambiental que se ha generado por este tipo de cultivos.

GGA-20 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y CUANTIFICACIÓN TOTAL DE ARSÉNICO Y FLUORURO EN ROCAS ÍGNEAS DE LA SIERRA DE GUANAJUATO: IMPLICACIÓN AMBIENTAL

Lugo Dorantes Angel Eduardo¹, Morales Arredondo José Iván², Romero Francisco Martín³, Armienta Hernández María Aurora², Vázquez Salgado Astrid Ameyalli² y Aguayo Ríos Alejandra²

¹Facultad de Ciencias, UNAM, FC, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

eduardo@geofisica.unam.mx

Estudios ambientales realizados en la región centro-norte de México han reportado la presencia de elevadas concentraciones de arsénico (As) y fluoruro (F-) en agua subterránea que superan los niveles máximos permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 (modificada-2000). En la mayoría de estas investigaciones, los autores sugieren que la fuente principal de ambos elementos es geogénica, producto de la interacción agua geotérmica-rocas félsicas (ricas en silicatos); este tipo de rocas son muy abundantes en este territorio. La interacción del entorno hidrotermal con las rocas promueve la alteración y disociación de los minerales que contienen As y F-, debido a procesos hidrogeoquímicos bien identificados (p. ej. alteración de silicatos, intercambio iónico y desvitrificación), lo que origina la liberación y dispersión de ambos elementos en el acuífero. Sin embargo, no se han realizado estudios para comprobar dicha hipótesis. El objetivo de este trabajo

fue, caracterizar mineralógicamente distintas rocas ígneas de 11 afloramientos ubicados en la parte sudeste de la Sierra de Guanajuato (Oligoceno-Cuaternario), además identificar la distribución del As y F- en la matriz de dichas rocas, cuantificar el contenido total de ambos elementos y definir la implicación ambiental. Para determinar la composición mineralógica de las muestras recolectadas, se realizó un análisis a detalle empleando las técnicas de Microscopía Óptica, MEB-EDS y Difracción de Rayos X. Los resultados obtenidos muestran que en las rocas félsicas hay predominancia de vidrio volcánico, cuarzo y silicatos, además de que el As y F- están vinculados a estos minerales. De igual forma, se definieron las concentraciones totales de As mediante un análisis de Fluorescencia de Rayos X y otro de Espectrofotometría de absorción atómica. Para cuantificar el contenido total de F- se aplicó la técnica de fusión alcalina propuesta por Kenji Shimizu y modificada para el tipo de roca evaluada. El trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Geoquímica Ambiental del IG y en el Laboratorio de Química Analítica del IGf, UNAM. Los valores máximos de As obtenidos fueron de 21.19 ppm. El valor máximo cuantificado de F- fue de 9.49 ppm. Ambos valores máximos se reportan en riolitas, mientras que las rocas máficas e intermedias presentan bajos valores de ambos elementos. Finalmente, las rocas félsicas fungen como un reservorio natural de As y F-, que bajo condiciones atmosféricas no representan un riesgo ambiental debido a que los minerales que los alojan no reaccionan y permanecen estables a intemperismo químico y físico, pero cuando estas rocas están expuestas a ambientes hidrotermales aumenta el grado de alteración de los minerales que alojan a ambos elementos, lo que permite su liberación. Este proceso es de suma importancia en la zona ya que se ha confirmado que el agua subterránea que se extrae en gran parte del Bajío Guanajuatense presenta termalismo; si el grupo de rocas que presenta el valor más alto de ambos elementos está en entorno hidrotermal y el agua que aloja esa roca es explotada representaría un riesgo potencial para la población que se abastece de esa agua.

GGA-21 CARTEL

EVALUACIÓN MAGNÉTICA DE MUESTRAS DE POLVOS COLECTADAS EN EL INTERIOR DE HOGARES Y EDIFICIOS PÚBLICOS DE LA CIUDAD DE TANDIL (ARGENTINA)

Marié Débora C. y Chaparro Marcos A. E.
Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de
la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)
deboracmarie@gmail.com

Toda sustancia de origen natural o antropogénicos como por ejemplo: polvos, partículas de humo, gotas de lluvia, polen e insectos, que se halla en el aire se denomina material particulado (MP). Los polvos atmosféricos de origen antropogénicos como emisiones vehiculares e industriales son generalmente ricos en elementos tóxicos incorporados a los óxidos de hierro por adsorción sobre su superficie. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de la calidad del aire en ambientes cerrados en la ciudad de Tandil (37°19.5' S; 59°08.3' O) utilizando como material de estudio polvos colectados en el interior de hogares y edificios públicos. Las principales fuentes de contaminación son las emisiones hogareñas, como calefacción, y fuentes exteriores (emisiones vehiculares e industriales) producto de la ventilación. Determinamos la concentración, mineralogía, tamaño y composición del MP magnético mediante la combinación de métodos de magnetismo, microscopía SEM-EDS y determinaciones química de elementos (ICP-OES). Se realizaron campañas de recolección de polvos en un total de 39 sitios dentro del área urbana de Tandil: 36 hogares, 2 establecimientos educativos y 1 oficina gubernamental. Las muestras se recolectaron por barrido de las superficies de muebles y pisos en un periodo de 15 días, se colocaron en bolsas selladas y luego se tamizaron manualmente utilizando tamices normalizados. Los resultados del coeficiente S (-0.93) y de coercitividad remanente Hcr (35–40 mT) indican la presencia de minerales ferrimagnéticos. En la estimación de tamaños de granos magnéticos se observan tamaños en el rango 0.1–5 µm. Los valores de los parámetros dependientes de la concentración magnética, susceptibilidad magnética #, magnetización remanente anhística MRA e isotérmica MRIS muestran un amplio rango de valores entre 228–1377 x10-8m3kg-1, 647–1452 x10-6Am2kg-1, y 46–81 x 10-3Am2kg-1, respectivamente. Los estudios de SEM-EDS mostraron la presencia de partículas de formas irregulares y variedad de tamaños, partículas finas y esféricas con diversas morfologías y altos contenidos de Fe (90 - 98%wt). Además, se detectaron elementos como Al, Si, Ca y Mg. De acuerdo a las características observadas se puede determinar que estas partículas y esféricas tienen origen antropogénicos. El análisis de los resultados obtenidos sugiere que la magnetita es el mineral magnético predominante en las muestras de polvos. Los tamaños de grano magnético hallados (0.1–5 µm) son altamente inhalables por lo que presentan un riesgo para la salud humana.

GGA-22 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE F- PRESENTE EN EL AGUA POTABLE, UTILIZANDO ROCAS CALIZAS DE LA FORMACIÓN SOYATAL QUE AFLORAN EN LA SIERRA DE GUANAJUATO, MEDIANTE SISTEMA EN LOTES (BATCH)

Juárez Aparicio Fátima, Morales Arredondo José Iván,
Armienta Hernández María Aurora y Cruz Ronquillo Olivia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
fajuap15@ciencias.unam.mx

En México la elevada concentración de fluoruro (F-) en agua potable representa un riesgo para la salud de la población. La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994(modificada 2000) establece que la concentración máxima permisible de F- en el agua potable para consumo humano debe ser de 1.5 mg/L. El consumo de agua potable con valores superiores a lo permitido por la NOM-127 durante un periodo prolongado puede causar fluorosis dental o esquelética. Un caso particular ocurre en el Bajío Guanajuatense, Gto., específicamente en la porción oeste del acuífero del Valle de Celaya, en los municipios de Santa Cruz de Juventino Rosas (JR) y Villagrán (Vill), en ambos sitios hay pozos con concentraciones superiores a lo permitido por la NOM-217 (JR=2.8mg/L y Vill=7.17mg/L). En la actualidad se han realizado pruebas con materiales geológicos para evaluar el potencial de remoción de los altos niveles de F- en agua potable, ya que existen tratamientos efectivos pero sumamente costosos, que en algunos casos, su utilización llega a ser inaccesible para ciertas poblaciones. La importancia de este trabajo recae en buscar tratamientos más viables, que sean más económicos y de origen natural como lo es el tratamiento con rocas calizas. En la Sierra de Guanajuato afloran calizas de la Formación Soyatal que, según estudios previos, tienen potencial para disminuir eficientemente la concentración de F-. Debido a que en la zona con presencia de fluoruro en el agua subterránea afloran este tipo de rocas, se llevaron a cabo pruebas en lote en el Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica (con apoyo económico de PAPIIT-IN106918) para evaluar la capacidad de remoción del F- presente en el agua. Las pruebas fueron realizadas en tres tipos de rocas calizas de la Formación Soyatal (RC1701, DD1705 y DD1706). Los contenidos de CaCO3 determinados mediante Difracción de Rayos X para cada roca fueron 66% (RC1701), 58% (DD1705) y 38% (DD1706). Los resultados por microscopía óptica sugieren que la roca con menor cantidad de CaCO3 (DD1706) presenta un ligero grado de metamorfismo. Para cada tipo de roca se realizó una evaluación del potencial de remoción mediante sistema en lotes (Batch) utilizando una solución preparada con NaF que simuló las concentraciones de los pozos en estudio (JR=2.8mg/L y Vill=7.17mg/L), con una relación roca-agua de 1:5. Se utilizaron tiempos de agitación con un mínimo de 1h y un máximo de 24h y se evaluaron diferentes tamaños de grano (0.050-0.002mm, <0.5mm y 0.5-1.41mm). Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que cada tipo de roca tiene una diferente capacidad de remoción de F-, con una tendencia a mayor remoción cuando se utiliza un tamaño de grano menor y un tiempo de agitación mayor. Está en evaluación la determinación del grado de influencia de la concentración de CaCO3 en dicha eficiencia, para lo cual se considerarán resultados obtenidos con rocas colectadas en otras zonas del país.

GGA-23 CARTEL

FORMULACIÓN Y PARALELIZACIÓN DE UNA ESTRATEGIA BASADA EN LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL CONTROL PUNTUAL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Peña Maciel Daniel
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
dpmaci@atmosfera.unam.mx

La contaminación del aire debida a emisiones industriales, comerciales y de transporte es susceptible de control a través de investigación. Para cada contaminante, se establece una concentración máxima admisible o norma sanitaria, ésta es un promedio en función de la toxicidad particular del contaminante y del tiempo de exposición a éste. Así, el objetivo central de los programas de control de emisiones a corto plazo, es mantener la concentración de cada contaminante por debajo de la norma de la calidad del aire respectiva, hasta que existan mejores condiciones de dispersión en la Atmósfera. Se han determinado diversas estrategias de control óptimo para sustancias pasivas [24], [25], [18], mediante varios modelos matemáticos (bien formulados) para el control de corto plazo. La técnica fundamental para la construcción de dichas estrategias ha sido la aplicación de los modelos de dispersión adjuntos [13], [14]. Sin embargo, las estrategias desarrolladas hasta ahora, consideran el control de los valores promedio por zona de la concentración de los contaminantes atmosféricos, lo cual no implica que las concentraciones puntuales satisfagan las normas de la calidad del aire en cada momento y en cada lugar dentro de una región [18]. Esto motiva la parte teórica a estudiarse en la investigación doctoral: el análisis de la ubicación de un número finito de puntos (llamados sitios de control, los cuales garantizan el control de las concentraciones en toda la región y en todo momento) y la formulación del problema de optimización como uno de programación lineal (el cual considere minimizar una función objetivo lineal, sujeta a restricciones lineales para la concentración

puntual de los contaminantes). Esto corresponde al siguiente problema de control de emisiones: se debe analizar cuál es la restricción menos severa a imponerse sobre las tasas de emisión de contaminantes, para que las normas sanitarias se cumplan en cada momento y en cada lugar dentro de una región de estudio. La consideración de un número finito de sitios de control es lo que permite formular un problema de optimización para resolver el problema de control. Dicho problema es más complicado que el del control de los valores promedio, ya que por cada punto en una región y por cada instante en un intervalo temporal donde hay malas condiciones de dispersión, se tiene una restricción impuesta por una norma sanitaria, la cual debe considerarse para acotar las emisiones. La parte computacional del proyecto doctoral, corresponde a desarrollar un conjunto de programas computacionales de alto rendimiento, que permita estudiar casos sintéticos del control de emisiones de sustancias pasivas, de acuerdo a un a un modelo de dispersión 3D; con el fin de complementar y verificar la parte teórica. Lo anterior implica paralelizar usando FORTRAN 90/95 y la interfaz OpenMP (Open Multi- Processing), los modelos numéricos directo y adjunto, los cuales actualmente se encuentran implementados en MATLAB, mediante técnicas de diferencias finitas de orden dos (sobre una malla doble tipo-C de Arakawa) y un esquema de separación de operadores componente por componente [15], estable, simétrico y de segundo orden de aproximación.

GGA-24 CARTEL

TOMOGRFÍA ELÉCTRICA DE RESISTIVIDAD EN UNA PRESA DE JALES DE CARBÓN DE LA CUENCA DE SABINAS

Gaytan Espinoza Alexis, Castillo Enríquez Mónica Alejandra, Farías González Miguel Ángel, Batista Rodríguez José Alberto, Almaguer Carmenates Yuri, López Saucedo Felipe de Jesús, Dávila Pulido Gloria Ivone y Flores Hernández Ana Lucía
E.S.I. UAdeC
alexis_gaytan18@hotmail.com

La Cuenca de Sabinas está situada en el noreste de México en la parte central del Estado de Coahuila y occidental de Nuevo León, en esta se ubican los depósitos de carbón más importantes de México, los cuales se han explotado por más de 70 años, generando grandes cantidades de materiales residuales que se almacenan en presas de jales. El estudio de dichas presas constituye un aspecto de gran importancia, debido al impacto ambiental que pueden causar dichos residuos, en las zonas donde se ubican. Algunas de estas estructuras se localizan próximas a ríos y zonas pobladas, convirtiéndose en una preocupación para las autoridades y la población en general. En este sentido se realizan mediciones de tomografías eléctricas de resistividad, a partir de las cuales se infiere la geometría en profundidad de dicha presa, así como las características de su basamento y la distribución de zonas con altos valores de conductividad eléctrica, posiblemente asociadas a minerales ricos en Fe, tales como pirita. Generalmente, estas zonas enriquecidas en pirita se convierten en fuentes potenciales de generación de drenaje ácido, y en ocasiones su radio de influencia puede sobrepasar los límites de la presa. Esto último ocurre cuando el basamento de la presa y su barrera de protección presentan fallas geológicas y altos niveles de agrietamiento.

GGA-25 CARTEL

MEDICIONES DE CONCENTRACIONES DE BE-10 EN FILTROS ATMOSFÉRICOS

Gaitán De Los Ríos Karen Patricia, Méndez García Carmen Grisél, Acosta Sánchez Luis Armando, Solís Rosales Corina y Padilla Santiago
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
krndelosrios@gmail.com

El Be-10 es un radioisótopo cosmogénico traza que se produce en un 99% en la atmósfera. Es utilizado en diferentes aplicaciones geocronológicas y paleoclimáticas, además de ser un indicador de la variabilidad solar y del campo magnético terrestre. Para medir concentraciones de Be-10 es necesario utilizar la técnica de espectrometría de masas con aceleradores (AMS, por sus siglas inglés), debido a sus características particulares de desintegración y a sus isóbaros estables. En el año 2013 se instaló en México el Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA) con la finalidad de medir concentraciones de radioisótopos cosmogénicos, principalmente el C-14, por sus conocidas aplicaciones en datación. Actualmente se ha desarrollado una metodología para la extracción y medición del Be-10, con el fin de impulsar las aplicaciones en el área de ciencias de la Tierra. Para el desarrollo de dicha metodología se usaron filtros atmosféricos, tomados en zonas con diferentes características ambientales en México y un material de referencia de una zona urbana (NIST SRM 1648a). A partir de la implementación y modificación de una técnica radioquímica, se prepararon muestras con la finalidad de medir las concentraciones del radioisótopo, tanto en los filtros atmosféricos como en el material de referencia, utilizando AMS. Tales medidas se realizaron tanto en el LEMA como en el sistema SARA del Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla, España, con el fin de realizar una inter-comparación entre resultados de distintos Laboratorios y con ello validar la metodología. Los resultados preliminares muestran la posibilidad de extraer y medir el radioisótopo a partir de los filtros atmosféricos como matriz ambiental, pudiendo observar además que las concentraciones de Be-10 encontradas en sitios muy contaminados, se ven afectadas por la gran cantidad de material resuspendido. La validación de medidas de concentraciones de Be-10, abre la puerta a una serie de posibles estudios en un

Laboratorio Nacional para aquellas áreas científicas en las que el radioisótopo sea de interés, especialmente en el área de Ciencias de la Tierra. CONACYT 51600, 82692, 123655. DGAPA-PAPIIT IA101616, IA103218.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizadores:

Manuel Calvo Rathert
Rubén Cejudo Ruiz
Miguel Ángel Cervantes
Ana Caccavari

GEOPAL-1 PLÁTICA INVITADA

PALEOMAGNETIC AND ROCK MAGNETIC STUDIES OF IMPACT STRUCTURES – THE IODP-ICDP CHICXULUB DRILLING PROJECT

Urrutia Fucugauchi Jaime¹, Pérez-Cruz Ligia¹, Tikoo Sonia², Gulick Sean³, Morgan Joanna⁴ y Expedition 364 Science Party¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Rutgers University

³University of Texas at Austin

⁴Imperial College of London

juf@geofisica.unam.mx

The International Ocean discovery Program (IODP) - International Continental Drilling Program (ICDP) Expedition 364 drilled a borehole offshore the Yucatan peninsula on top of the Chicxulub crater peak ring. The M0077A borehole was continuously cored from 506 to 1335 m below the seafloor, sampling the post-impact carbonates, impactites of breccias and impact melt, and a thick basement section of uplifted, fractured, shocked felsic granitoids cross cut by dikes and shear zones. The characteristics, composition and physical properties of the cored lithological column are being investigated with different analytical techniques. Here we present the results of paleomagnetic and rock magnetic studies on core samples from the M0077A borehole. The Chicxulub crater formed ~66 Ma ago by an asteroid impact on a shallow carbonate platform in the southern Gulf of Mexico. The impact excavated a deep transient cavity on a thick carbonate sequence deposited on top of continental crystalline crust of the Yucatan Block. The impact breccias incorporate clasts from the carbonate section and crystalline basement in melt-rich or carbonate-rich matrix. There is a marked contrast in magnetic properties from the diamagnetic, paramagnetic and ferromagnetic minerals in the impactites and in the Paleogene and Mesozoic carbonates and basement rocks. These strong contrasts are reflected in the rock magnetic properties and paleomagnetic record. The results are integrated with the other studies on the cores, borehole logging and geophysical surveys and modeling. Paleomagnetic studies have been successfully applied in the study of impact structures. Studies have focused on the impact deformation and effects, cratering, event chronology, hydrothermal alterations, shock effects, lateral correlation, physical property contrasts, geophysical anomaly modeling and pre- and post-impact processes. Science Party: BRALOWER, Timothy, CHENOT, Elise, CHRISTESON, Gail, CLAEYS, Philippe, COCKELL, Charles, COOLEN, Marco, FERRIERE, Ludovic, GEBHARDT, Catalina, GOTO, Kazuhisa, GREEN, Sophie, JONES, Heather, KRING, David, LOFI, Johanna, LOWERY, Christopher, OCAMPO-TORRES, Ruben, PICKERSGILL, Annemarie, POELCHAU, Michael H, RAE, Auriol, RASMUSSEN, Cornelia, REBOLLEDO-VIEYRA, M, RILLER, Ulrich, SATO, Honami, SCHMITT, Doug, SMIT, Jan, WITTMANN, Axel, XIAO, Long, YAMAGUCHI, Kosei

GEOPAL-2

DETERMINACIONES DE PALEOINTENSIDAD ABSOLUTA EN LA SECUENCIA PLIOCENA DE PRAIA GRANDE (SÃO VICENTE, CABO VERDE)

Calvo Rathert Manuel¹, Carrancho Ángel¹, Caccavari Garza Ana², Vegas Néstor³, Morales Juan⁴ y Gogichaishvili Avto⁴

¹Universidad de Burgos, UBU

²Universidad Nacional Autónoma de México

³Universidad del País Vasco

⁴Universidad Nacional Autónoma de México (Campus Morelia)
mcalvo@ubu.es

Se presentan los resultados de análisis paleomagnéticos, de paleointensidad, de magnetismo de las rocas y de microscopia realizados en muestras de una secuencia de 11 coladas nefeliniticas pliocenas de la isla de São Vicente (Cabo Verde). Los experimentos de magnetismo de las rocas y de microscopia se llevaron a cabo para identificar los minerales portadores de la magnetización remanente en cada una de las coladas y obtener información acerca de su estabilidad térmica y su tamaño de grano, con el fin de establecer su idoneidad para experimentos de determinación de la arqueointensidad. Se pudo distinguir un único tipo de curvas termomagnéticas, de carácter reversible, y con una temperatura de Curie correspondiente a titanomagnetita pobre en titanio. El análisis de los parámetros de la curva de histéresis mostró un predominio de granos con estructura pseudo-monodominio. Los análisis paleomagnéticos indican que en 10 de 11 coladas solo se aprecia una única componente paleomagnética, mientras que en una se observa una segunda componente viscosa de mayor importancia. Se pudo aislar una componente característica de polaridad normal en todas las coladas. La comparación de la dirección paleomagnética obtenida con la esperada sugiere una posible rotación antihoraria de 26.5° de la secuencia. Los experimentos de paleointensidad se llevaron a cabo con el método de Coe (J. Geophys. Res., 1967). El experimento se desarrolló en 12 etapas de temperatura entre temperatura ambiente y 575°C. Después de cada calentamiento, las muestras se dejaban enfriar naturalmente durante varias horas hasta llegar a temperatura ambiente. A partir de 300°C se realizaron controles de pTRM (pTRM-checks) en cada etapa de calentamiento. Todos los calentamientos se llevaron a cabo en atmósfera de argón. Los resultados de la paleointensidad varían entre 15.5 #T y 26.9 #T, con un valor medio FM = (19.8 ± 4.0) #T. Las coladas inferiores muestran una paleointensidad

más baja que la superior. Esta débil paleointensidad media se encuentra claramente por debajo del valor actual FP = 33.1 #T (IGRF12).

GEOPAL-3

LA PRIMERA CURVA DE VARIACIÓN SECULAR PARA MÉXICO DEL CUATERNARIO TARDÍO AL PRESENTE

Mahgoub Ahmed Nasser¹, Juárez Arriaga Erick¹, Böhnelt Harald¹, Siebe Claus², Manzanilla Linda³, Cyphers Ann³ y Pavón-Carrasco Francisco Javier⁴

¹Centro de Geociencias-UNAM

²Departamento de Vulcanología-UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM

⁴Departamento Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid, ahmednasser@geociencias.unam.mx

En México hay pocos datos de variación secular para el Cuaternario tardío, a pesar de la abundancia de materiales volcánicos y arqueológicos. Por esta razón, 32 nuevas direcciones paleomagnéticas y 64 paleointensidades (PI) fueron obtenidas de 33 lavas bien datadas y artefactos arqueológicos recolectados del centro de México y que cubren los últimos 46 ka. 29 lavas fueron datados por radiocarbono, 3 por termoluminiscencia y una histórica (1793 dc). Para los artefactos fueron datados absolutamente por radiocarbono y relativamente por atributos cerámicos. Los experimentos magnéticos muestran que los minerales dominantes son magnetita y titanomagnetita de bajo a intermedio contenido de titanio, y de tamaño de pseudo dominio sencillo. Paleodirecciones se determinaron mediante protocolos de desmagnetización por pasos, y PI por los protocolos IZZI o Thellier-Coe, y se aplicaron estrictos criterios de selección para garantizar la fiabilidad de los datos. Los datos publicados anteriormente se evaluaron para cumplir con criterios de calidad similares a nuestros datos y se encontraron 65 direcciones y 77 intensidades aceptables. Todos los datos aceptados provienen de una región dentro de un radio de 860 km alrededor de la Ciudad de México. Las curvas de variación paleosecular (PSV) geomagnético pasado se establecieron mediante el uso del algoritmo de bootstrap combinado con P-Splines cúbicos para suavizado e interpolación. Debido a la distribución desigual del tiempo de los datos, esto se hizo por dos períodos sucesivos, entre el año 2000 - 2200 AC y 2200 AC - 44000 AC. Esta curva de PSV es la única del continente Americano porque abarca el mayor período temporal. Características interesantes de las direcciones e intensidades del campo geomagnético se han encontrado en nuestra curva.

GEOPAL-4

MAGNETIC DATING OF MURAL PAINTINGS FROM QUETZALCOATL TEMPLE (TEOTIHUACAN)

Gogichaishvili Avto¹, Torres Gloria², Cejudo Ruiz Fredy Rubén³, Ortega Veronica², Archer Jorge², Calvo Rathert Manuel⁴, Morales Juan⁵ y Urrutia Fucugauchi Jaime⁵

¹Servicio Arqueomagnético Nacional, UNAM

²Instituto Nacional de Antropología e Historia, México

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Universidad de Burgos, España

⁵Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM
avto@geofisica.unam.mx

Teotihuacan, the most important city of the Americas during the Classic period (200 -700 AD), developed a deep and complex civilization without any written histories. They mostly used pictorial forms of visual communication and thus, the knowledge of the absolute chronology of some of the most important mural arts is of great importance. Here, we conduct a comprehensive magnetic survey on two major murals of Temple of Quetzalcoatl, which represent an initial stage of the Teotihuacan archaeology. Characteristic remanence was successfully isolated for 11 out of 16 analyzed samples belonging to both paintings. Magnetic dating was achieved using inclination and declination, yielding an interval between 312 AD and 409 AD as the best estimate of the time of painting of the murals. Under these conditions, it cannot be ascertained that both murals were painted during the same episode, but the time elapsed between both paintings should be less than 100 years. The dates obtained locate the substructures of the Quetzalpapálotl within the Late Tlamimilolpan phase, implying the profuse use of hematite in the plastic resolution of the color, especially in the formulation of tonal red degradations, corresponding to the second technical phase of development of Teotihuacan mural painting. The use of both pigments, hematite and magnetite, for synchronous construction moments reflect the simultaneity in the variety of plastic and technical resolutions in the elaboration of these spaces.

GEOPAL-5

DETERMINACIONES DE PALEOINTESIDAD ABSOLUTA OBTENIDA DE LOS DIQUES BÁSICOS DE NICO-PÉREZ ZAPICÁN, URUGUAY

Sánchez-Bettucci Leda¹, Cervantes Solano Miguel Angel², Gogichaishvili Avto³, Gogorza Claudia⁴, Rapalini Augusto⁵ y Morales Juan³

¹Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

²Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

³Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, IGUM-UNAM, Morelia, México

⁴Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires, (CIFICEN-CONICET), Tandil, Argentina

⁵Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina
leda@fcien.edu.uy

En el presente trabajo se reportan determinaciones de paleointensidad absoluta obtenidos mediante el método multiespécimen realizado en muestras de roca provenientes de los diques básicos de Nico-Pérez Zapicán en Uruguay. Las muestras estudiadas provienen de 21 sitios distribuidos a lo largo del afloramiento de los diques, se trata de diques de composición basáltica, sub-verticales, y de orientación predominante E-O a NO-SE los cuales, según estudios previos, posiblemente fueron intruidos durante el Jurásico. Los experimentos de paleointensidad se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Dekkers y Böhnel (2006), se seleccionaron muestras que presentaban una magnetización remanente univectorial, alta estabilidad térmica durante los experimentos de susceptibilidad y se realizaron también las correcciones por estado de dominio y de factor de corrección propuestas por Fabian and Leonhart (2010). Los valores de PI encontrados varían entre 97.1 y 19.4 μT con un promedio de 46.4 μT . Esta alta variabilidad, la presencia de polaridades magnéticas normales, inversas e intermedias, así como las edades radiométricas disponibles (Losada et al., 2014) sugieren que la intrusión de los diques ocurrió durante el Mesozoico previa al inicio del periodo del Super Cron Normal Cretácico.

GEOPAL-6

MAGNETIC CHARACTERIZATION OF MONOCLINIC PYRRHOTITE SINGLE CRYSTALS WITH IMPLICATIONS FOR EXTRATERRESTRIAL MAGNETISM

Bezaeva Natalia¹ y Chareev Dmitry²

¹Kazan Federal University, KFU

²Institute of Experimental Mineralogy, Russian Academy of Sciences
bezaeva@gmail.com

Monoclinic pyrrhotite (Fe₇S₈) is a mineral of paleomagnetic and rock magnetic significance due to its wide occurrence across a variety of terrestrial environments and meteorites [1]. Single-domain pyrrhotite is also a candidate magnetic mineral for the Martian magnetic anomalies [2]. We present here a new synthesis and characterization of mm-sized monoclinic pyrrhotite single crystals and discuss possible implications for extraterrestrial magnetism. We conducted three runs of synthesis and full characterization of synthesized single crystals using a variety of standard analytical techniques and a range of rock magnetic techniques including magnetic domain imaging using the Asylum Research MFP-3D MFM at the Institute for Rock Magnetism (IRM), University of Minnesota (USA). The chemical composition was investigated with a digital scanning electronic microscope TESCAN Vega II XMU with energy dispersive micro analysis system INCA Energy 450/XT (20 kV) Crystals of pyrrhotite with large amount of sulfur have been grown in the eutectic mixtures of salts of alkaline metals (CsCl/KCl/NaCl or RbCl/NaCl/KBr/KI) in a stationary temperature gradient [3, 4]. The analysis showed no impurity elements (Cs, Rb, K, Na, Cl, Br, I). Some of the obtained crystals were annealed in a vacuum for a month at 240°C and 190°C. Temperatures of annealing have been chosen according to stability of monoclinic pyrrhotite [4]. Rock magnetic analyses indicate a single Curie point of 320°C with no signs of lambda-transition typical for hexagonal pyrrhotites and a pseudo-single domain magnetic behavior. Samples are strongly anisotropic consistent with previous investigations [5]. Magnetic behavior of those samples is important for investigations, because monoclinic pyrrhotite represent a major magnetic mineral of some types of achondrites and potentially carries a record of the ancient magnetic fields of the corresponding parents bodies [5]. Other implications for extraterrestrial magnetism will be discussed at the meeting. Acknowledgements: The work is supported by RFBR grant no. 18-55- 15014 and by Act 211 Government of the Russian Federation, agreement # 02.A03.21.0006 and is performed according to the Russian Government Program of Competitive Growth of Kazan Federal University. We acknowledge E. Khakhalova (IRM, UMN, USA) for help with rock magnetic and MFM measurements. References: [1] Rochette P. et al. 2005. Meteoritics & Planetary Science 40: 529-540. [2] Dunlop D. J. and Arkani-Hamed J. 2005. Journal of Geophysical Research 110:E12S04. [3] Chareev D.A. 2016. Crystallography Reports, 61(3):506-511. [4] Chareev D.A. et al. 2016. Crystallography Reports, 61(4):682-691. [5] M.W.R. Volk et al. 2016. Geophysical Journal International 207:1783-1795.

GEOPAL-7

ESTUDIO PRELIMINAR UTILIZANDO MICROONDAS EN LA DETERMINACIÓN DE PALEOINTENSIDADES

Juárez Arriaga Erick, Ibarra-Ortega Héctor Enrique, Mahgoub Ahmed Nasser y Böhnel Harald
Centro de Geociencias, UNAM
erickja@geociencias.unam.mx

La adquisición del vector geomagnético completo a partir del estudio de rocas en el momento de su formación se logra siguiendo protocolos de desmagnetización progresiva establecidos en el laboratorio de paleomagnetismo. Los datos paleomagnéticos compuestos a partir del vector geomagnético (declinación (D), inclinación (I), intensidad (F)), se generan a partir de diferentes experimentos. Los datos direccionales (D, I) son sencillos de obtener, utilizando métodos de desmagnetización térmica o por campos alternos (AF) (Butler, 1992). No obstante la obtención de la intensidad (F) es mucho más complicada, esto es debido a que las rocas son propensas a alteraciones térmicas durante el calentamiento y contener a menudo componentes secundarios de magnetización. Existen diferentes métodos para la obtención de la intensidad magnética, por ejemplo, el método clásico para determinar la paleointensidad (PI) es el denominado Thellier-Thellier (Thellier & Thellier, 1959) y sus variantes (Coe, 1967), que consisten en una serie de etapas de calentamiento y enfriamiento en un campo magnético conocido. Desafortunadamente, por el calentamiento a altas temperaturas (~600 °C) las muestras a menudo sufren alteraciones termoquímicas, físico-químicas lo que implica que el método falle. Un método alternativo para determinar la PI es el método de microondas (Walton, 1993), el cual es un método que trata de reducir las alteraciones mencionadas anteriormente y cambios irreversibles de la estructura al inducir microondas de alta frecuencia (14 – 14.5 GHz) sobre los cristales magnéticos contenidos en la roca. Al contar con una frecuencia de resonancia apropiada hará que los momentos magnéticos se reorienten de la misma manera que si hubiera absorbido energía térmica con un horno convencional. La gran ventaja es reducir el calentamiento excesivo de la muestra (~200 °C), además de reducir el tiempo necesario para la desmagnetización a segundos (5 – 15 s), (Hill et al., 2002; Böhnel et al., 2003; Gratton et al., 2005; Suttie et al., 2010). El contar con el vector geomagnético completo es de vital importancia ya que permite conocer los cambios en el campo magnético terrestre lo que da lugar a la construcción de una curva de variación secular.

GEOPAL-8

PALEOMAGNETISM AS A NEW TOOL TO CALCULATE THE SEDIMENTATION RATE CORROBORATED BY RADIOMETRIC METHODS: CASE STUDY LAKE CHAPALA, MEXICO

Zárate del Valle Pedro Faustino¹, Morales Juan², Unkel Ingmar³, Gogichaishvili Avto⁴, Doerfler Walter⁴, Israde Alcántara Isabel⁵ y Nelle Oliver⁶

¹Departamento de Química, Universidad de Guadalajara-CUCEI, MX

²Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA) y Servicio Arqueomagnético Nacional, UNAM, Campus Morelia, MX

³Institute for Ecosystem Research, Kiel University, GE

⁴Institute of Pre-and Protohistoric Archaeology, Kiel University, GE

⁵Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), UMSNH, Morelia, MX

⁶State Office for Cultural Heritage Baden-Württemberg, GE.
zavp.pvaz@gmail.com

Traditionally, radiometric methods of isotopes with small half-lives (210Pb, 14C, etc.) have been applied to evaluate the age of a lake sediment and, after the establishment of an Age-Depth Model (ADM), the sedimentation rate (SR) that has prevailed in the deposit basin can be deduced. Recently an alternative method to deduce an ADM based in rock-magnetic parameters is applying. At lake Chapala (LCH) 's depocenter (20° 15'N; 103° 02'W; 1520 m. a.s.l.) with funds of Conacyt (CB-2011-168685) 49.50m of sediment were drilled, shared in three equidistant cores (ca. 4 m): CHD-A (4.20 m), CHD-B (27.15 m) and CHD-C (18.15 m) thus establishing the drilling master scale and finally, a composited stratigraphic column of 27.15 m was recovered. The texture of inalterd sediment in the stratigraphic column is silt-clayey: # 4 μm & #63 μm with 14 intercalated thin volcanic sandy levels (< 1 cm) and two diatomite deposits (14.63-14.65 m depth; 26.52-26.66 m depth). According to the geochemical data the LCH sediment is in general siliciclastic in composition and smear slide show that the main minerals are Ca plagioclase, Fe-Mg minerals, clay mineral and scarce quartz. The texture of the LCH sediment suggest a volcanic in origin and eroded from the Trans-Mexican Volcanic Belt structures and it has been transported (~730 km) by the Lerma River and its tributaries until the LCH. In 2001, Fernex et al., through lead 210 dating-CRS model (Constant Rate of 210Pb Supply) deducted a SR of ~2mm/a in LCH shallow sediment. In 2014, Zárate del Valle et al., found that the radiometric age (14C) at 27.15 m depth is 9,740 years +/- 60 BP; in 2015 Unkel et al., after an Age Depth Model based on Intcal13 calibration curve and a reservoir effect of a minimal offset of 1000 years due to old bitumen discharge whose carbon-14 age exceeding 40 ka, a median age of 10,320 cal BP was established for the bottom (27.15 m) of the column sedimentary at LCH. In 2018 Morales et al., based on magnetic directional data, compared the retrieved inclination log against the variation of inclination of the geomagnetic field for the last 14 ka predicted by the global Geomagnetic Field model SHA.DIF.14k (GFM) for the geographical position of LCH depocenter, resulting that maxima/minima values at the inclination log of

CHD-A&B cores are associated with those predicted by GFM. Direct measurements of the correlated peaks allowed them to estimate the corresponding SR. After this comparison they propose an alternative ADM, which is independent of traditional SRs calculated from 14C and 210Pb determinations. Least-square fitted line to data yields, for the Holocene, a mean SR of 2.5 mm/a, slightly higher but that is consistent with the 2 mm/a estimated by Michaud et al. (2006), Zarate Del Valle et al (2014) and Doerfler et al (2015) by radiometric techniques.

GEOPAL-9 PLÁTICA INVITADA

EL ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO COMO INSTRUMENTO PRIMARIO EN LA PROSPECCIÓN DE LA GEOLOGÍA Y DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DEL SUBSUELO EN AMBIENTES VOLCÁNICOS: CASOS EL CHICHÓN Y EL COMPLEJO VOLCÁNICO POPOCATÉPETL-IZTACCIHUATL

López Loera Héctor¹, Macías Vázquez José Luis², Urrutia Fucuguchi

Jaime³, Espíndola Juan Manuel¹ y Sosa-Ceballos Giovanni⁴

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT

²UNAM, MRELIA

³UNAM

⁴UNAM-Morelia

hector.lopez@ipicyt.edu.mx

Las investigaciones realizadas en las estructuras volcánicas de El Chichón y Popocatepetl por medio del análisis de la información aeromagnética permitieron tener otra visión hasta entonces desconocida de dichas estructuras volcánicas. En el volcán Chichón se pudieron reconocer por medio de los Dominios Aeromagnéticos diferentes unidades geológicas que no se tenían mapeadas con anterioridad. Se pudo identificar la existencia de cuerpos intrusivos de gran tamaño, así como la extensión de derrames de rocas volcánicas. Mediante el procesamiento de la información aeromagnética se pudo comparar los algoritmos matemáticos de Baranov y Naudy (Campo Magnético Reducido al Polo, CMRP) y de Henderson y Zietz (2ª Derivada Vertical del CMRP) contra mapeo geológico, existiendo más afinidad por medio de la 2aDz. Las interpretaciones de los Lineamientos Aeromagnéticos por cualquiera de los filtros utilizados (CMRP, 2aDz, Señal Analítica) indica la presencia de una zona de debilidad con dirección NE-SW, que cruza por su porción central al cráter de El Chichón, así como la existencia de un fuerte tectonismo. Los modelos de inversión del vector de magnetización (MVI) muestran una morfología hasta hoy desconocida de la estructura volcánica del subsuelo del volcán Chichón. Mediante esta técnica se estima que la cámara magmática esta desde los 5.58 km hasta los 8.49 km. Estimaciones de la profundidad por medio del Espectro de Potencia Promediado Radialmente dan para las fuentes profundas entre 4.1 y 4.5 km, de 0.64 km para fuentes intermedias y de 0.337 para fuentes superficiales. En lo referente al volcán Popocatepetl, los resultados de esta investigación permiten tener un mejor entendimiento de las propiedades magnéticas y su relación con la geología y estructura del volcán más monitoreado de México. En el área investigada existen cuatro Dominios Aeromagnéticos, cada uno caracterizado por sus anomalías asociadas, intensidades de magnetización, longitud de onda y ubicación. El área en donde se localiza la estructura volcánica del Popocatepetl está claramente identificada con un Dominio Aeromagnético caracterizado por anomalías aisladas asociadas a estructuras volcánicas, algunas visibles y otras cubiertas por depósitos de avalancha de escombros o flujos volcánicos. El volcán Popocatepetl está caracterizado por una anomalía bipolar magnética normal, mayormente asociada al alto magnético. El bajo magnético se correlaciona con una zona de debilidad, asociada a una falla principal con dirección NE-SW, que de acuerdo al alineamiento magnético asociado tiene una dirección preferencial NE-SW 50°-60°. El modelo MVI 3D de la anomalía aeromagnética del Popocatepetl, está conformado por un cuerpo compuesto de dos partes, una porción vertical que casi alcanza el área del cráter, con una longitud de 4,450 m y un espesor máximo de 530 m y un cuerpo horizontal alargado inferior con una dirección NE-SW con longitud de 2,900 m y en dirección NW-SE 1,750 m y con un espesor promedio de 1,570 m. Estimaciones de la profundidad de la anomalía aeromagnética del volcán Popocatepetl por medio del Espectro de Potencia Promediado Radialmente dan para las fuentes profundas entre 4.0 km.

GEOPAL-10

OBSERVACIÓN DE LA VARIACIÓN IONOSFÉRICA Y SU RELACIÓN A LA INCLINACIÓN DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO PARA TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS SEVERAS (> -50 NT)

Carrillo Vargas Armando¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero

Juan Esteban², Pérez Enríquez Roman² y López-Montes Rebeca³

¹Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM

²CEGEO, UNAM

³Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE
armando@igeofisica.unam.mx

El presente estudio se enfoca a la observación de las variaciones transitorias del Contenido Total de Electrones (TEC), que trazan las variaciones locales de la ionosfera terrestre, y su relación directa con la geometría de la inclinación del campo

geomagnético. Para resaltar el efecto de las fluctuaciones ionosféricas evaluamos nuestra prueba durante tormentas geomagnéticas severas con intensidad mayor a -50nT. El periodo de estudio comprende eventos ocurridos en 2015, correspondiente a la parte descendente del ciclo 24 de actividad solar, usando estaciones receptoras GNSS en territorio mexicano para la obtención del TEC aplicando el software ionFR y los datos de campo geomagnético del Observatorio Geomagnético de Teoloyucan del Servicio Magnético del IGEF-UNAM.

GEOPAL-11 PLÁTICA INVITADA

VARIACIÓN SECULAR EN MÉXICO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Böhnel Harald, Mahgoub Ahmed Nasser y Juárez Arriaga Erick

Centro de Geociencias UNAM, CGEO - UNAM

hboehnel@geociencias.unam.mx

La variación secular (SV) es de gran importancia para desarrollar mejores modelos globales para el campo y conocer detalles del funcionamiento del geodinamo. También puede utilizarse para fechamientos paleomagnéticos de materiales arqueológicos y geológicos, particularmente cuando no se pueden utilizar otros métodos. México presenta condiciones favorables para contribuir con datos paleomagnéticos a estos modelos, para construir curvas de la SV regionales, en particular por su rica historia arqueológica y por la gran cantidad de rocas volcánicas disponibles del Holoceno y periodos anteriores. La presentación primero compara resultados anteriores con datos actuales, para analizar los avances que se han obtenido, en lo que corresponde a los datos paleomagnéticos y de cronología. Segundo se evalúan errores que afectaron curvas previas de la SV. Basándose en estos análisis se discute la posible evolución de las curvas de SV en México a corto y mediano plazo.

GEOPAL-12 PLÁTICA INVITADA

MÁS DE 100 AÑOS DE GEOMAGNETISMO EN MÉXICO, DATOS, MODELOS Y APLICACIONES

Hernández Quintero Juan Esteban

Instituto de Geofísica de la UNAM, Geofísica UNAM

estebanh@geofisica.unam.mx

Las mediciones de carácter magnético anteriores al México independiente son el resultado del acopio particular de datos de Declinación magnética. El fenómeno magnético se documentó debido a su íntima relación con la navegación marítima, analizada y desarrollada desde los viajes de Cristóbal Colón en el siglo XV. El acervo de datos obtenidos en México desde hace ya varios siglos, ha permitido formular una curva de variación secular por 138 años reducida a la posición geográfica actual del Observatorio Magnético de Teoloyucan. Además de demostrar el interés de darle continuidad a esta información, la comunidad científica ha encontrado a través del tiempo, modelos globales que pronostican el comportamiento del campo geomagnético en la República Mexicana. Por otro lado, el monitoreo de este campo sea aprovechado para el estudio comparativo de la corteza terrestre sometida a esfuerzos y a la correlación de datos adquiridos por estaciones instaladas cerca de volcanes activos como lo es el Popocatepetl. El estudio de la variación en el tiempo del campo geomagnético en México, ha dado pistas sobre el comportamiento dinámico en zonas muy enfocadas, así como la velocidad a la que van evolucionando en el espacio y en el tiempo. Al estudiar el campo geomagnético desde satélites, dio la pauta para desarrollar la relación entre las fuentes en la corteza y los rasgos tectónicos regionales. Finalmente se debe hacer énfasis en la utilidad de estos datos en la cadena de eventos que se originan en el sol en forma de tormentas solares y el efecto descubierto recientemente sobre la infraestructura tecnológica de origen antropogénico; estudiado actualmente en un área denominada "Clima Espacial". Los retos que en el futuro tiene esta disciplina, van desde el estudio de la disminución de la intensidad del campo geomagnético principal; el estudio del campo y su comportamiento en el fondo de los océanos, la respuesta magnética en zonas sismogénicas, o bien en volcanes activos, el estudio de eventos tales como las corrientes de inducción geomagnéticas (GIC's) y el riesgo de someter al planeta a un evento tipo Carrington.

GEOPAL-13 PLÁTICA INVITADA

DESARROLLO DE LAS CURVAS DE REFERENCIA DE VARIACIÓN SECULAR DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE PARA MESOAMÉRICA, SUDAMÉRICA Y ÁFRICA

García Rafael¹, Gogichaishvili Avto², Pavón-Carrasco Francisco Javier³, Kapper Lisa⁴ y Morales Juan⁵

¹Instituto de geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Universidad Complutense de Madrid

⁴Instituto de Geofísica UNAM, Morelia.

⁵Instituto de Geofísica UNAM

asrael.rafael@gmail.com

Las curvas de variación paleosecular proporcionan una variación continua en el tiempo de los componentes del campo geomagnético, como lo son la declinación, inclinación e intensidad. La primera curva de variación paleosecular se construyó en 1980 y a partir de entonces se han desarrollado una gran variedad de curvas, incrementando el rigor matemático para su construcción, así como la variación de métodos para su desarrollo, siendo Europa el mayor exponente, ya que cuenta con aproximadamente dos decenas de dichas curvas. La construcción de una curva de variación paleosecular necesita una gran densidad de datos arqueomagnéticos los más homogéneamente distribuidos en un cierto intervalo temporal, una buena calidad de los datos arqueomagnéticos en términos de las medidas de sus incertidumbres, así como la incertidumbre de las edades respectivas y una región que permita el poder desarrollar un modelo unidimensional para poder describir la evolución del campo geomagnético en el pasado. El desarrollo de las curvas de variación paleosecular ofrece una manera confiable para poder saber de primera mano la variación del campo magnético de manera regional para los últimos milenios y así distinguir las variaciones propias de la región en cuestión, como lo son los jerks, o una posible periodicidad en su variación y comportamiento, así como su relación con respecto a otras curvas de diferentes zonas. En el presente trabajo se discutirá del desarrollo, construcción y beneficio de las curvas de variación paleosecular, de Mesoamérica, América del sur y África.

GEOPAL-14 CARTEL

DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA DE UN HORNO ROMANO EXCAVADO EN EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO CASA DEL MITREO (MÉRIDA, BADAJOZ, ESPAÑA)

García Redondo Natalia¹, Calvo Rathert Manuel², Carrancho Ángel¹ y Bustamante Macarena²

¹Universidad de Burgos, UBU

²Universidad de Granada
ngredondo@ubu.es

Se presenta los resultados de un estudio llevado a cabo en un horno excavado en el yacimiento arqueológico Casa del Mitreo (Mérida, Badajoz, España). El horno presentaba signos de estar bien quemado a altas temperaturas y de estar conservado in situ. El objetivo principal del trabajo ha sido determinar cuándo se produjo su último uso. El estudio incluye análisis arqueomagnéticos, determinaciones de arqueointensidad y análisis de magnetismo de las rocas. Estos últimos se han realizado para identificar los principales minerales portadores de la termoremanencia, su estado de dominios y evaluar la estabilidad de su señal magnética para conocer su idoneidad para experimentos de determinación de la arqueointensidad absoluta. Los análisis paleomagnéticos se han llevado a cabo con las técnicas de desmagnetización térmica y por campos alternos decrecientes de la NRM. La dirección media obtenida es la siguiente: Declinación $D = 0.8^\circ$; inclinación $I = 53.8^\circ$ ($k = 425$ y $\#95 = 1.2^\circ$). Los análisis de arqueointensidad de tipo Thellier-Coe han permitido obtener un valor medio de intensidad de $58.1 \pm 3.9 \mu T$. La comparación del vector arqueomagnético completo con la curva de variación secular de la península ibérica ofrece dos posibles intervalos de edad: 49 – 140 AD y 331 – 520 AD, con un 95% de precisión. De acuerdo con la información arqueológica, el rango cronológico más coherente para el horno es 49 – 140 AD. De esta manera, la última vez que posiblemente se utilizó el horno fue entre los siglos I y II AD.

GEOPAL-15 CARTEL

EVIDENCIA ARQUEOMAGNÉTICA DE ORIGEN PREHISPÁNICO DEL MEZCAL

Gogichaishvili Avto¹, Cervantes Solano Miguel Ángel², Lazcano Arce Jesús Carlos³, Serra Puche Mari Carmen⁴, Morales Juan⁵, Soler Arechalde Ana María⁶ y Urrutia Fucugauchi Jaime⁴

¹Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Campus Morelia, UNAM

²Servicio Arqueomagnético Nacional, ENES - MORELIA, UNAM,

³IIA-UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

⁴Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM
avto@geofisica.unam.mx

Durante siglos, y hasta hace algunos años, se consideró que el proceso de destilación había sido llevado al nuevo mundo por los españoles, quienes a su vez lo aprendieron de los árabes. Por esta razón, se creía que la única bebida

alcohólica de las sociedades mesoamericanas era el pulque, un fermento de maguey. Sin embargo, recientes investigaciones arqueológicas revelaron que la destilación de alcohol era conocida en Mesoamérica mucho antes de la llegada de los europeos. La evidencia directa proviene del centro ceremonial y administrativo de Xochitcatl-Cacaxtla (estado de Tlaxcala) con varios hornos donde se cocinaba el maguey. Estos hornos se fecharon radiométricamente entre 600 y 400 a.C. En este trabajo, reportamos un estudio arqueomagnético detallado de cerámica, roca quemada y muestras de suelo encontradas en estos hornos de cocina. Las muestras de cerámica exhibieron un comportamiento esencialmente reversible durante los experimentos termomagnéticos que apuntan a la titanomagnetita pobre en Ti (fase casi de magnetita) como portador magnético principal, mientras que dos fases ferrimagnéticas parecen coexistir en los suelos quemados. En contraste, las muestras de rocas quemadas exhibieron algunas inestabilidades durante el calentamiento a altas temperaturas y evidencia indirecta de la presencia de granos de hematita antiferromagnéticos. En total, 35 fragmentos seleccionados permitieron la estimación de la intensidad geomagnética absoluta registrada durante el último uso del horno. La datación arqueomagnética arrojó dos posibles intervalos de tiempo entre 878 a 693 a.C. y 557 a 487 a.C. Estos nuevos datos refuerzan la hipótesis inicial y corroboran la temporalidad de estos hornos prehispánicos.

GEOPAL-16 CARTEL

DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS OCURRIDAS DURANTE EL DEL HOLOCENO EN MÉXICO: IMPLICACIONES VOLCANOLÓGICAS Y ARQUEOLÓGICAS

Cervantes Solano Miguel Ángel¹, Gogichaishvili Avto², Rosas-Elguera José³, Morales Juan⁴ y Cejudo Ruiz Fredy Rubén⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, México

⁴Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, IGUM-UNAM, Morelia, México
miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

El método de datación arqueomagnética 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 (también conocida como curva maestra arqueomagnética), el registro paleomagnético que se obtiene de las rocas puede compararse y proporcionar una datación precisa del momento de emplazamiento de las rocas estudiadas. Debido a esto los estudios paleomagnéticos realizados a aparatos volcánicos con actividad reciente con edades conocidas permiten mejorar la precisión de estas curvas maestras de variación secular o bien obtener las edades de estos eventos. Recientemente este método de datación se ha convertido en un método alternativo para datar lavas formadas durante los últimos 14,000 años utilizando el modelo de predicción de campo geomagnético SHADIF14K a partir de las inclinaciones, declinaciones e intensidades absolutas (Pavón-Carrasco et al., 2014, Roperch et al., 2015) situadas a finales de la Época Pleistocena y abarcando toda la Época Holocena. En México y particularmente dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) existen algunos campos volcánicos potencialmente susceptibles para utilizar el método arqueomagnético (e.g. Sieron y Siebe 2008, Pérez-Rodríguez et al., 2015, García-Quintana et al., 2016; Mahgoub et al., 2017). En el presente trabajo, se presentan los resultados y algunas consideraciones luego de aplicar este método de datación a rocas provenientes de distintos flujos de lava de volcanes de la Faja Volcánica Transmexicana, el Campo Volcánico Ceboruco en Nayarit, el Campo volcánico Colima en Colima y Jalisco y en el centro del país el complejo Volcánico Xitle, los cuales cuentan con varias dataciones radiométricas y descripciones detalladas de los eventos eruptivos. Financiamiento otorgado por el proyecto UNAM PAPIIT No. IA106517

GEOPAL-17 CARTEL

PALEOMAGNETISMO DEL VOLCANISMO MIOCÉNICO DE LA REGIÓN DE IXTLAHUACÁN, JALISCO, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Alva Valdívila Luis Manuel¹ y Rosas-Elguera José²

¹UNAM, Instituto de Geofísica

²Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara
antonioiog@geofisica.unam.mx

Realizamos un estudio paleomagnético en la región de Ixtlahuacán del Río, localizado entre el extremo meridional de la Sierra Madre Occidental y el sector occidental de la Faja Volcánica Transmexicana. El muestreo se efectuó en rocas basálticas, unidades que correlacionan con Los basaltos San Cristóbal, expuestos, en la región de Moyahua, Zacatecas y sobre el Cañón del Río Grande de Santiago, Jalisco, con edades radiométricas de 11.8 ± 0.6 a 12.03 ± 0.8 Ma. Se colectaron 9 sitios paleomagnéticos orientados, que corresponden a 72 núcleos. 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, sin embargo en algunas ocasiones se presentaron componentes secundarias fuertes que fueron eliminadas por campos alternos y temperaturas moderadas. 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 fases termomagnéticas durante el calentamiento. Los experimentos de histéresis magnética, resultaron en muchos casos con curvas simétricas al origen, los parámetros derivados de estas 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: $D_m = 354.45^\circ$, $I_m = 10.91^\circ$, con parámetros de precisión: $A_95 = 2.6^\circ$ y $K = 671$. Estos valores coinciden con el valor esperado de la declinación, no así al de la inclinación, que difiere en 26.1° , lo que podría resultar del efecto del sistema estructural de la región.

GEOPAL-18 CARTEL

INVERSIONES GEOMAGNÉTICAS REGISTRADAS EN UNIDADES ÍGNEAS ASOCIADAS AL RIFT TEPIC ZACOALCO: RESULTADOS PRELIMINARES

Días Ortega Ulises¹, Cervantes Solano Miguel Angel², Gogichaishvili Avto³, Rosas-Elguera José⁴, Morales Juan⁵ y Cejudo Ruiz Fredy Rubén⁶
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, México
²Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia
³Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, IGUM-UNAM, Morelia, México
⁴Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, México
⁵ulisesdms1@gmail.com

Se presentan los resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en las unidades ígneas de las formaciones volcánicas asociadas al rift Tepic-Zacoalco y las unidades geológicas adyacentes. Todos los sitios cuentan con fechamientos radiométricos publicados y en algunos casos con estudios paleomagnéticos previos que arrojan resultados direccionales inciertos que impiden hacer una interpretación geomagnética detallada. Se recolectaron cerca de 250 muestras provenientes de 32 sitios distribuidos sobre la extensión del Rift. Los experimentos de magnetismo de rocas muestran que, en la mayoría de los casos, el mineral portador de la remanencia magnética es titanomagnetita con contenido variable de titanio y que los portadores son una mezcla de granos de dominio sencillo con una cantidad poco significativa de granos multidominio. Luego de los tratamientos magnéticos y analizar las componentes características de la magnetización remanente, se ha logrado obtener las direcciones promedio en 27 de los sitios observándose la presencia de polaridades normales, inversas e intermedias.

GEOPAL-19 CARTEL

LA ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (AMS) DE LAS BRECHAS DE IMPACTO DEL POZO YAXCOPAIL-1 (CRÁTER CHICXULUB)

Velasco Villarreal Miriam¹ y Urrutia Fucugauchi Jaime²
¹Instituto de Geofísica, UNAM, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 fatima_miriam@hotmail.com

La generación de cráteres de impacto es un evento que afecta las superficies planetarias en tiempos muy cortos. Es un proceso complejo que involucra muchas variables con gran cantidad de energía liberada, altas temperaturas, deformación, fragmentación y movimiento de grandes volúmenes de material cortical, complejos procesos químicos y físicos que modifican la superficie de un planeta. La anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS) permite reconocer la fábrica magnética e identificar las contribuciones de las fracciones minerales en una roca. Se la define como la presencia de diferentes energías de magnetización en diferentes direcciones y se ha usado para determinar direcciones de paleocorrientes, para identificar y caracterizar cuerpos rocosos distintos, flujos en rocas ígneas, deformación, fracturamiento, ambientes de depósito y alteraciones. En este trabajo se usa para establecer las condiciones y modos de emplazamiento de las brechas de impacto en núcleos del pozo Yaxcopail-1 (Yax-1) en el cráter Chicxulub. El Yax-1 se perforó a 62km del centro del cráter. La sección de brechas esta dividida en 6 unidades. Los parámetros de la AMS se analizan en función de la profundidad. La susceptibilidad magnética K presenta diferentes comportamientos entre 0 y 8000x10⁻⁶SI, siendo la unidad 4 o suevita media la que exhibe los valores más altos. La magnetización natural remanente NRM a lo largo de la columna varía entre #0.01 a #1.4 A/m, con los valores mas altos desde la unidad 3 o suevita superior hasta la unidad 4. El grado de anisotropía corregida Pj muestra valores desde 1 a 1.17, indicando comportamientos parecidos a rocas ígneas y sedimentarias; los valores más altos se encuentran en las unidades 5 y 6 ó unidad de brecha de roca fundida brechada y suevita inferior respectivamente. El parámetro de forma T no muestra una forma definida del elipsoide de susceptibilidad magnética. Las inclinaciones de los ejes de susceptibilidad principal k1 y k3 con la profundidad definen 6 distribuciones. Tres sugieren tipo de fábrica deposicional para las unidades inferiores (U4-U6) y las otras tres muestran comportamientos complejos. Las distribuciones sugieren

diferentes modos de emplazamiento de las subunidades de brecha, de flujo de alta temperatura en la parte basal y de caída libre y redeposición en la unidad superior.

GEOPAL-20 CARTEL

DIATOMITAS DEL GRABEN CHAPALA-ACAMBAY: ANÁLISIS BIO MAGNETOESTRATIGRÁFICO EN PERIBÁN, MICHOACÁN, MÉXICO

Sánchez González María de Jesús
 Instituto de Geofísica, UNAM, IGEOF, UNAM
 ki_wi_30@hotmail.com

Ma. de Jesús Sánchez-González^{1*}, Isabel Israde Alcántara², Juan Julio Morales³, Avto Gogichaishvili³. 1 Doctorado en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad Universitaria, México. 2 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), UMSNH, Morelia, Michoacán. México. 3 Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA), Morelia, México. *e-mail: chuyitas@gmail.com. En este estudio se presentan los resultados preliminares de un estudio multiproxy integrando indicadores geoquímicos y sedimentológicos con propiedades magnéticas obtenidas en una secuencia de diatomita ~5.10 m en Peribán, Michoacán. Se analizó la flora algal del yacimiento. La parte magnética del estudio incluyó la determinación de la susceptibilidad magnética (#), magnetización remanente natural (MRN), magnetización remanente anhística (MRA) y magnetización remanente isoterma (MRI) y algunos indicadores geoquímicos como análisis de TIC-TOC. Se registran al menos 27 especies de diatomeas, con predominancia de algas Centrales (Aulacoseira spp y Stephanodiscus spp.). Los valores relativamente altos de la susceptibilidad inicial coinciden con los niveles sedimentarios más oscuros del depósito, que pueden estar asociados a aportes detríticos por erosión o a la presencia de ceniza volcánica. Determinaciones sistemáticas de diferentes cocientes interparamétricos #MRN/#, MRN/ARM# revelan la variabilidad de campo magnético terrestre registrado en estos sedimentos. El aumento en la concentración de los minerales magnéticos, un descenso de TOC y de carbonatos detríticos se interpreta como una respuesta al incremento de la aridez, en el sitio de Peribán tenemos eventos evidentes con estas características.

GEOPAL-21 CARTEL

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DEL MATERIAL URBANO PARTICULADO COMO UN INDICADOR INDIRECTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN CIUDADES DE MÉXICO Y LATINOAMÉRICA

Cejudo Ruiz Fredy Rubén¹, Gogichaishvili Avto¹, Morales Juan¹, Cervantes Solano Miguel Angel², Calvo Brenes Guillermo³, Salazar Rojas Teresa⁴, Bautista Francisco⁵, Cortez Jose Luis⁶, Peña García Laura Elizabeth⁷ y Bayona German⁸
¹Instituto de Geofísica, LUGA-UNAM
²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM
³Instituto Tecnológico de Costa Rica
⁴Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
⁵Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
⁶Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
⁷Corporación Geológica ARES-COLOMBIA
 xinef2005@yahoo.com.mx

La calidad del ambiente de los centros urbanos es un tema importante y sensible, tanto para los ciudadanos como para las administraciones gubernamentales. Un diagnóstico acertado para determinar el estado actual de un ambiente, evaluar los programas o medidas de mitigación trae consigo una serie de retos de carácter administrativos, de desarrollo de infraestructura, capital humano y planeación, entre otros. Con el propósito de encontrar un método alternativo que permitiera hacer una evaluación del ambiente de forma rápida, y que, a su vez disminuyera la inversión de recursos humanos, económico y la generación de residuos, se exploró el uso de técnicas de magnetismo de rocas, con el propósito de evaluar las propiedades magnéticas de los residuos de material urbano y su relación con la concentración de elementos pesados (Cr, Cu, Pb, V y Zn) en diferentes ciudades de México y Latinoamérica. Los resultados obtenidos son diversos, en algunas ciudades se puede establecer relaciones entre las propiedades magnéticas y metales pesados, mientras que en otras no ocurre lo mismo. La susceptibilidad magnética (Xlf) y la magnetización remanente isoterma mediada entre 700 a 1000 mT (MRIS) suele ser un indicador que relaciona la concentración de metales pesados en el residuo urbano (polvo). En varias ciudades se encontró que: los valores de Xlf en residuo urbano mayor a 5 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ suelen presentar una concentración de al menos un metal pesado relativamente alta. En los residuo urbano recolectado en vialidades primarias de las ciudades de México, el valor de Xlf ha sido: Ciudad de México de 4 a 12 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$; Guadalajara de 1 a 11 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$; Toluca de 1 a 12 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ y en ciudades de Latinoamérica como: Bogotá de 2 a 14 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ y Costa Rica de 1 a 6 $\mu\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Las propiedades de cociente S-300 y curvas termomagnéticas (kT) muestran la presencia de minerales ferrimagnéticos en todas las muestras. El panorama del uso de técnicas de magnetismo de rocas aplicado a estudios ambientales en México podría ser una alternativa para evaluar la calidad ambiental en centros urbanos de forma rápida y de bajo costo.

GEOPAL-22 CARTEL

EL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE TEOLOYUCAN: UNA HERENCIA DE MÁS DE 100 AÑOS DE HISTORIA DE DATOS EN MÉXICO

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Cifuentes Nava Gerardo¹ y Gogichaishvili Avto²

¹Servicio Magnético, Instituto de Geofísica UNAM.

²Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM
estebanh@geofisica.unam.mx

El Observatorio Magnético de Teoloyucan (código IAGA TEO) se localiza al norte de la Ciudad de México. La historia de su posición geográfica ha sido de gran interés para México debido a que es el único observatorio magnético en el país durante los últimos 103 años y ofrece una base de datos muy importante para ser analizada. El estado actual de operación ha permanecido incierto durante los últimos ocho años debido al incremento del ruido de alta frecuencia y sus correspondientes armónicos cerca de sus instalaciones, actualmente sus datos son válidos para el estudio de la variación diurna, y de la tendencia de variación secular en la red internacional Intermagnet. Varios tipos de usuarios hacen uso de sus datos en tiempo real tales como algunas compañías mineras y de exploración petrolera; así como aplicaciones más recientes relacionadas con el denominado Clima Espacial; adicionalmente a aquellos usuarios tradicionales en el ámbito académico. El objetivo de este trabajo es describir de manera introductoria la historia de los antecedentes de este observatorio, así como una descripción cualitativa de la forma como se han reportado los datos, y su evolución en el futuro próximo. La importancia de su posición geográfica en un área muy grande en donde es el único observatorio que proporciona información desde hace más de cien años.

GEOPAL-23 CARTEL

RECOPIACIÓN DE REGISTROS HISTÓRICOS GEOMAGNÉTICOS DE MÉXICO PARA SU CONSERVACIÓN Y ANÁLISIS

Paredes Arriaga Alejandro¹, Caccavari Garza Ana², Hernández
Quintero Juan Esteban¹ y Cifuentes Nava Gerardo¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra

²Instituto de Geofísica, UNAM
apa@ciencias.unam.mx

En este trabajo se realiza la recopilación y organización de datos de los 104 años de funcionamiento del Observatorio Magnético de Teoloyucan, Estado de México (19° 44' 47.49" N y 99° 10' 53.4" W). A lo largo de este tiempo, el Observatorio ha sufrido diversas modificaciones, como el cambio en su ubicación en el año de 1978, cuando se trasladó a 800 metros de su posición previa, y también se ha ido modernizando paulatinamente, hasta que en 1996, como parte del Encuentro Latinoamericano de Instrumentación Geomagnética (ELIG 96) se instalaron equipos digitales, que se encuentran operando hasta el momento. Todos estos cambios han hecho que los registros magnéticos se encuentren en diversos formatos y periodicidades, tanto impresos como digitales y disponibles también en redes mundiales de información, como el World Data Center (WDC). Dada esta diversidad de formatos, existen algunos periodos en los que no se tiene acceso a toda la información disponible, por lo que resulta importante identificar y recuperar estos datos. En este trabajo se clasifica esta información, y se recuperan los datos de los meses o años que no se encuentran en un formato accesible: realizando para esto labores de digitalización. Esto da lugar a la posibilidad de realizar análisis estadísticos y numéricos para una mayor comprensión del comportamiento y variaciones del campo magnético terrestre a corto y mediano plazo.

GEOPAL-24 CARTEL

PROYECTO DE COOPERACIÓN BINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE CARTAS MAGNÉTICAS REGIONALES EN CENTROAMÉRICA

Caccavari Garza Ana, Brenes Jorge, Ayala Armando,
Hernández Quintero Juan Esteban y Cifuentes Nava Gerardo
Instituto de Geofísica, UNAM
anavari@gmail.com

Históricamente, Costa Rica y México son países que han estudiado el campo geomagnético en la región desde finales del siglo XIX, proporcionando información valiosa para el estudio del campo magnético de la Tierra y sus variaciones, tanto a nivel regional como global. En este trabajo se busca dar continuidad a este trabajo, y presentar las cartas magnéticas actualizadas. Se recopiló la información obtenida en los años 70, por el Instituto de Geofísica de la UNAM en el que se realizaron mediciones en la región de Centroamérica. Visitando un total de 29 estaciones magnéticas de repetición y se obtuvieron valores de Declinación, Inclinação e Intensidad magnéticas. En este trabajo retomamos estos importantes estudios, y elaboramos las cartas magnéticas correspondientes. Por otro lado, trabajamos para ocupar un número adecuado de estaciones magnéticas de repetición tanto en Costa Rica como en México. Se presentan los resultados obtenidos de la visita a estas estaciones y las cartas magnéticas obtenidas como resultado de estos datos. La región de Centroamérica es de gran interés desde el punto de vista geomagnético,

sin embargo, en los últimos tiempos la falta de datos en la región es evidente. Nuestro objetivo es abrir estas colaboraciones y continuar estudiando esta área en el futuro

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizadores:

Geovanni Sosa Cevallos

Ligia Pérez-Cruz

GEOQP-1

DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS MAYORES, MENORES Y TRAZA EN EL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN TLAYÚA (CRETÁCICO INFERIOR, ALBIANO) EN TEPEXI DE RODRÍGUEZ, PUEBLA, MÉXICO

Flores-Gómez Silvana¹, Sánchez-Beristain Francisco² y Bernal Juan Pablo³

¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM.

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla
silvanafloresgomez@ciencias.unam.mx

La Cantera de Tlayúa (Formación Tlayúa) es un recinto fosilífero del tipo Koservat-Lagerstätte del periodo Cretácico que aflora en Tepexi de Rodríguez, Puebla. Se caracteriza por contener una paleobiota diversa y está datada para el Cretácico Temprano (Albiano). Los estudios geoquímicos presentados en este trabajo contribuyen a las reconstrucciones paleoambientales elaboradas con anterioridad principalmente con base en el registro fósil, ya que la presencia de ciertos elementos en los carbonatos puede ser un diagnóstico de fenómenos particulares. A lo largo de diferentes núcleos litológicos muestreados se observa una correlación entre la mineralogía primaria de calcita baja en magnesio (LMC) y ciertos elementos. La presencia de elementos propios de la fase terrígena, como lo son el aluminio, zirconio, itrio y titanio, es indicativa de algún tipo de transporte de sedimento por medio de procesos eólicos, fluviales o aluviales. Esto constituye una sólida evidencia de proximidad a la línea de costa. Asimismo, algunos de los núcleos presentan sustitución del Ca²⁺ en la matriz de calcita por cationes de Sr²⁺, Ba²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺ y Mn²⁺, que son intercambiados por la estructura mineralógica de la misma. Estas sustituciones están determinadas por procesos fisicoquímicos, y pueden ser interpretadas en términos del proceso diagenético de las muestras. La mineralogía de los cementos secundarios consiste en calcita baja en magnesio con una notable sustitución ferrosa (Fe²⁺) notable, lo que permite interpretarlos como resultado de una diagénesis secundaria.

GEOQP-2

ESTUDIO MICROFACIAL, MINERALÓGICO, GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (CRETÁCICO SUPERIOR), NORESTE DE MÉXICO

Tienda Garza Jaime Antonio
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
jaimetienda7@gmail.com

La Formación San Felipe (espesor total #145 m; Santoniano – Campaniano) es una unidad litológica, incluida en la columna estratigráfica de la Sierra Madre Oriental, que consiste de carbonato wackestone-packstone de color gris claro a verdoso (espesor <30 cm), con foraminíferos planctónicos, radiolarios y calciesferas, que se transforma con el ascenso estratigráfico en lutita (espesor <5 cm), constituida por cuarzo, albíta, calcita e illita. Al mismo tiempo que ocurrió este proceso de sedimentación, fueron incorporadas cenizas volcánicas de composición félsica que se consolidaron en estratos de toba de lapilli (n # 14; espesor <30 cm). Estos se caracterizan por una matriz vítreo-arcillosa (que incluye principalmente illita y clorita) en la que se encuentran embebidos microcristales de cuarzo, feldespato de potasio, plagioclasa sódica, biotita y circón. Los afloramientos de esta unidad se distribuyen principalmente en Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí, aunque existe evidencia de ellos hasta el norte de Puebla. En este trabajo, a partir del análisis de información microfacial, mineralógica, geoquímica e isotópica para muestras representativas de todas las litologías, se propone un modelo preliminar integral de procedencia-transporte-depósito-diagénesis para un afloramiento de la Formación San Felipe ubicado en la localidad Puerto Pastores, Galeana, N.L. De acuerdo a las características de los carbonatos, el proceso de sedimentación tuvo lugar en una plataforma abierta a profundidades batiales y abisales. Con base en la geoquímica de elementos inmóviles y relaciones isotópicas Sm-Nd, la lutita San Felipe corresponde principalmente a grauwaca (log SiO₂/Al₂O₃ = 0.39 – 0.74; log Fe₂O₃/K₂O = – 0.144 – 0.149) que procede de una fuente ígnea félsica y/o sedimentaria cuarzosa asociada a arcos continentales y fuerte afinidad a la corteza continental ([La/Yb]_N = 4.1–11.4; [Eu/Eu*]_N = 0.60 – 0.68; 143Nd/144Nd = 0.512312 – 0.512626; 147Sm/144Nd = 0.11283 – 0.15434). Considerando sus características geoquímicas e isotópicas U-Pb, el material vulcano-sedimentario corresponde a riolitariodacita, con una composición relativamente baja en Ce (<100 ppm) y relaciones altas en Zr/Ti (= 0.05 – 0.5). El material procede de una actividad volcánica que ocurrió entre 84.6 y 73.7 Ma, como resultado de la fusión parcial de corteza continental en un arco continental. El transporte y depósito de las cenizas tuvieron lugar en un periodo relativamente corto. Evidencia petrográfica-química indica que el material volcánico rico en SiO₂ (>63%) muestra una devitrificación e intemperismo parcial en un ambiente oceánico somero (<2 km), relativamente caliente (T#23°C) y con una relación Mg/Ca #1 que dio lugar a la formación de sericita, illita y clorita.

GEOQP-3

ESPECIACIÓN QUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA EN MANANTIALES Y POZOS PERIFÉRICOS AL YACIMIENTO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Alfaro Cuevas Villanueva Pedro
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
pcuevasv@hotmail.com

Pedro Alfaro Cuevas Villanueva (a), Raúl Cortés Martínez(b), Jorge Alejandro Ávila Olivera(c), Ruth Alfaro Cuevas Villanueva(a*), Thomas Kretzscmar (d) a INICIT - UMSNH b UMSNH c INIRENA - UMSNH a* INICIT – UMSNH d CICESE a pcuevasv@hotmail.com La vida como se conoce, se desarrolla en su mayoría en disoluciones acuosas. El agua es tan familiar que se ha llegado a considerar como un líquido insípido de carácter simple, sin embargo, es un líquido reactivo desde el punto de vista químico con propiedades físicas extraordinarias. Las estructuras y los procesos biológicos sólo pueden comprenderse con base en las propiedades físicas y químicas del agua. En el presente trabajo se realiza un estudio sobre la química del agua de manantiales y pozos adyacentes al campo geotérmico de Los Humeros, Puebla. Hasta la fecha no se cuenta con reportes publicados sobre el contenido de componentes mayores y elementos traza en dichos manantiales y pozos, por lo que uno de los objetivos de este trabajo es determinar el comportamiento de las especies químicas predominantes mediante la modelación de su movilidad, sentando de esta manera las bases para aportar los primeros datos sobre la química del agua en esta zona de estudio. Este trabajo forma parte de un proyecto (GEMex) que tiene como uno de sus objetivos elaborar un modelo hidrogeológico de la región, la información generada en esta investigación contribuirá en la construcción de dicho modelo. Para realizar el trabajo se seleccionaron 23 sitios en la zona adyacente al campo geotérmico, en los que se han observado a partir de la primera campaña de colecta, temperaturas que oscilan entre 9.5 y 34.1 °C, valores de pH en su mayoría con tendencia a la neutralidad en un rango entre 6.31 y 7.7, concentraciones de oxígeno disuelto hasta 9.34 mg/L, valores de conductividad eléctrica entre 63.8 y 1,871 µS/cm y, valores de alcalinidad total entre 0.85 y 14.79 meq/L. Se analizaron los siguientes elementos traza para su especiación química: Arsénico, donde se encontraron principalmente dihidrógeno arseniato (H₂AsO₄⁻) y el ion hidrogeno arseniato (HAsO₄²⁻); Hierro (III), formando distintas especies químicas en disolución, siendo la especie predominante Fe (OH)₂⁺; Cobre, siendo la especie predominante CuCO₃ (aq) y Cu²⁺; Manganeseo, donde su especie predominante se encuentra como Mn ²⁺ reportándose otras especies de menor proporción: MnCO₃(aq), MnSO₄ y MnHCO₃⁺ y; Plomo, donde se encuentran las siguientes especies: Pb²⁺, PbOH⁺, PbCO₃ (aq) y PbHCO₃. Palabras Clave: Química del agua; manantiales; elementos traza; campo geotérmico; Los Humeros.

GEOQP-4

INTERPRETACIÓN DE GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LA HOJA DELICIAS H13-11 MEDIANTE LA DEFINICIÓN DE DOMINIOS

Araiza-González Aldahir Eduardo¹, Acosta Rodríguez Bryan Fernando¹, Medrano-Amavisca Emmanuel Iván¹, Gómez-González Jorge², Lucero-Álvarez Jorge¹ y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³
¹Universidad Autónoma de Chihuahua
²Servicio Geológico Mexicano
³Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a305079@uach.mx

Se presenta el procesamiento de datos de la geoquímica de sedimentos de arroyo de la carta escala 1:250,000 ciudad Delicias con clave H13-11. El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis con la información geoquímica que existe en el área e indicar objetivos de exploración minera. Para este procesamiento se utilizaron técnicas del análisis exploratorio de datos (AED) para clasificar las muestras de sedimentos en dominios geoquímicos. Las herramientas del AED que fueron utilizadas incluyen histogramas, gráficas de probabilidad y gráficas de dispersión. Para la clasificación de las muestras en dominios se utilizó la modelación de subpoblaciones cuando estas fueron observadas con los distintos métodos gráficos utilizados. Finalmente se compararon técnicas comúnmente utilizadas para definir valores umbrales y correlaciones considerando por una parte la población total de las muestras, y por otra la separación en subpoblaciones definidas por los dominios geoquímicos. Los resultados demuestran una fuerte relación entre los dominios geoquímicos con la geología de esta área. La determinación de valores umbrales para la definición de anomalías geoquímicas se considera más apropiada cuando previamente se definen los dominios geoquímicos.

GEOQP-5

CALIBRATION OF WAVELENGTH DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE (WDXRF) FOR MAJOR ELEMENTS IN ROCKS: A STATISTICAL APPROACH

Verma Sanjeet Kumar¹, Torres Sánchez Darío² y Verma Surendra Pal²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C, IPICYT²Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México
sanjeet.verma@ipicyt.edu.mx

Most analytical instruments including x-ray fluorescence (XRF) spectrometers are calibrated through an ordinary least-squares linear regression (OLR) model, which has been shown statistically incoherent because of the violation of several assumptions. Therefore, weighted least-squares linear regression (WLR) models that overcome these problems have been recommended. Among them, the uncertainty-based WLR (called UWLR) model could be preferable because the probability concept can be directly used for weight factors and total uncertainty, i.e., confidence limits of the mean estimates. We applied both OLR and UWLR models for the calibration and comparison of a XRF machine through 59 geochemical reference materials (GRMs) and a procedure blank sample. The statistical information on mean concentration and uncertainty data for the GRMs used for the calibrations was achieved from an up-to-date compilation of individual chemical data and their processing by newly developed software UDASys3 that efficiently applies well-known discordancy and significance tests. The response (drift-corrected XRF intensity) was also measured several times from mostly duplicate pressed powder pellets, and both mean and uncertainty values were obtained. The comparison of the OLR (linear correlation coefficient ~ 0.9523 – 0.9964 and 0.9771 – 0.9999, respectively, for before and after matrix correction) and UWLR models (~ 0.9772 – 0.9976 and 0.9970 – 0.9999, respectively) clearly showed that the latter with generally higher values of is preferable for routine calibrations of analytical procedures including the XRF. Similar sensitivity (~ 2.69 – 46.17 for the OLR and ~ 2.78 – 59.69 for the UWLR) and different lower limits of detection (LODs ~ 0.01 – 10.87 %m/m for the OLR and ~ 0.0007 – 0.018 %m/m for the UWLR; generally lower for the UWLR) also indicated that the UWLR could advantageously replace the OLR model. Both calibrations were successfully applied to rock matrices and the results were generally consistent with those obtained in other laboratories, although the UWLR model showed mostly lower uncertainties than the OLR. Another novel aspect of this work is that the total uncertainty can be reported for individual chemical data. If the analytical instruments were routinely calibrated from the UWLR model, this action would make the science of geochemistry more quantitative than at present.

GEOQP-6

GEOLOGÍA, GEOQUÍMICA Y GEOCRONOLOGÍA DE LA ZONA VOLCÁNICA DE EL TEPENE NE Y SU RELACIÓN CON LA PROVINCIA ÍGNEA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR

Ramos Rosique Aldo, Landa Piedra Lizbeth, González Torres Enrique, Mori Laura, Silva Romo Gilberto, Hernández Marmolejo Yoalli Bianli, Macías Medrano Sergio Enrique y Campos Madrigal Emiliano
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
a.ramos@unam.mx

La provincia de la Sierra Madre del Sur (SMS), al sur de la Faja Volcánica Transmexicana, se compone de dos cinturones magmáticos contrastantes de orientación N-W: uno batolítico distribuido en la margen continental (Cretácico-Oligoceno); y otro intracontinental de carácter volcánico explosivo que contiene secuencias voluminosas de ignimbritas silíceas, lavas maficas a riolíticas, e intrusiones hipabisales (Eoceno tardío-Oligoceno temprano). Dichos centros volcánicos conforman el sector norte central de la SMS y uno de los mayores pulsos de vulcanismo silíceo explosivo en el sur de México. Entre ~38-30 Ma, erupciones caldericas y de tipo fisural generaron una cadena de estructuras de colapso, domos riolíticos, cuerpos hipabisales y lavas intermedias-silíceas, que conforman importantes centros volcánicos como los de Taxco, Tlaxapala y Huautla; con una tendencia de edades más jóvenes hacia el sureste. La zona del Tepenene al sur de Izúcar de Matamoros, Puebla, se encuentra al oriente de Huautla, y está caracterizada por sucesiones volcánicas de rocas piroclásticas cuyas características detalladas no han sido descritas previamente, pero que indican procesos volcánicos explosivos de volumen considerable. Para enmarcar al vulcanismo de la zona de El Tepenene en el contexto de la evolución del magmatismo del norte de la SMS, se realizó una caracterización geológica, geoquímica y geocronológica (U-Pb, Ar-Ar). Aquí se presenta la relación encontrada en tiempo y espacio entre el vulcanismo de El Tepenene y el sector norte central de la SMS. El magmatismo en la zona de estudio está representado por una secuencia que descansa sobre depósitos de conglomerados continentales (Eoceno tardío) y sobre esquistos del Complejo Acatlán (Paleozoico). La secuencia magmática de al menos 400 m de espesor está formada por ~ 150 m de lavas andesíticas en la base, seguidas de ~ 250 m de secuencias piroclásticas dacíticas, comprendiendo un lapso entre ~34.45 Ma y ~29.96 Ma, y del cuerpo intrusivo hipabisal de El Tepenene (~31.2 Ma). Los flujos andesíticos (59-62 wt. % SiO₂), son sucedidos por secuencias de ignimbritas líticas de composición dacítica (61-72 wt. % SiO₂), que incluyen unidades extremadamente líticas que indican facies piroclásticas proximales al conducto volcánico. La integración de la nueva información estratigráfica, con estudios previos de los otros campos volcánicos, nos permiten concluir que la zona de El Tepenene

constituye un centro volcánico independiente, con edades similares a la actividad magmática en el centro volcánico de Huautla, pero con una cobertura ignimbritica de mayor volumen. Por lo tanto, la zona de estudio representa un evento volcánico importante, del cinturón de vulcanismo silíceo explosivo en el sector norte-central de la SMS.

GEOQP-7

ORIGEN Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LOS MAGMAS EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE TRES VÍRGENES

Sosa-Ceballos Giovanni, Macías Vázquez José Luis, Avellán Denis Ramón y Reyes Agustín Gabriela
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gsosaceballos@gmail.com

El Complejo Volcánico Tres Vírgenes (CVTV) está localizado 36 km al NW del poblado de Santa Rosalía, Baja California Sur. El complejo está formado por tres volcanes alineados NE-SW, El Viejo, El Azufre y La Virgen, y en el cual la Comisión Federal de Electricidad opera un campo geotérmico. El objetivo de este trabajo es investigar la génesis de los magmas del CVTV mediante óxidos mayores, elementos traza e isótopos de Sr-Nd y Pb. Adicionalmente, se eligió el evento explosivo de la Tefra La Virgen (30 ka) para investigar las condiciones pre-eruptivas del reservorio que alojó el magma y su posible relación con el sistema geotermal que actualmente se explota en la zona. Analizamos la variabilidad composicional de las rocas del CVTV con la edad. Las rocas de La Virgen (40-100 ka) muestran un ligero incremento en SiO₂ (63-66 wt.%) y la Tefra La Virgen mantiene ese incremento progresivo. Las rocas más jóvenes de La Virgen (22 ka) tienen un decremento abrupto en el contenido de SiO₂ (58-60 wt.%). El Ni presenta una correlación negativa con el SiO₂, mientras el La presenta una correlación positiva con el SiO₂ durante el periodo El Azufre-La Virgen. Los cocientes de Rb/Nb y Ba/Nb no presentan ni una correlación, mientras el Zr/Nb presenta una correlación negativa con el SiO₂. Los isótopos de Sr y Nd presentan una afinidad tipo MORB (87/86 = 0.7033-0.7037 and epsilon Nd = -5.6). La composición de los anfíboles revela una temperatura de equilibrio usando el modelo de Ridolfi et al., 2010. El sensible cambio composicional resulta en dos diferentes temperaturas: 920±20 °C y 880±20 °C. Los óxidos de Fe y Ti que fueron encontrados en equilibrio se utilizaron para determinar la temperatura magmática mediante el método de Ghiorsio y Evans, 2008. La temperatura obtenida fue de 917±8 °C. La composición del anfíbol no sólo es dependiente de la temperatura, también la presión es fundamental, y esta se puede determinar con el modelo de Ridolfi et al., 2010. De igual manera que con la temperatura, el modelo resulta en dos diferentes valores de presión: 226±25 MPa y 175±19 MPa, los cuales están equilibrados a 920±20 °C y 880±20 °C respectivamente. Esto es importante porque podría ser que la plagioclasa con bordes de An49 este en equilibrio con el anfíbol equilibrado a 175 MPa y 880±20 °C, y a su vez la plagioclasa con bordes de An55 con el anfíbol equilibrado a 226 MPa y 920±20 °C. Asumiendo una densidad promedio de 2500 kg/m³ para las rocas que subyacen el Volcán Tres Vírgenes, las estimaciones de presión a la cual se encontraba el reservorio se convierten en profundidades de 7 a 9 km por debajo del cráter. El magma se encontraba aproximadamente entre 900 y 930 °C.

GEOQP-8

LAS MIGMATITAS DE LA PROVINCIA GEOLÓGICA COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, B.C.S. MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LAS FASES MAGMÁTICAS

Pérez Venzor José Antonio, Schwenicke Tobias, Camarena Vázquez Jesús Guillermo y Cortés Martínez Mara Yadira
Universidad Autónoma de Baja California Sur: Departamento Académico de Ciencias de la Tierra
japerez@uabcs.mx

El trabajo expone los resultados obtenidos del estudio realizado en las migmatitas de la Provincia Geológica Complejo Plutónico de La Paz y su relación con la evolución magmática de la región. Las rocas metamórficas de la provincia definen tres complejos metamórficos uno al occidente y otro al oriente del sistema montañoso central y el tercero en región de la Sierra de la Gata. En general las rocas metamórficas afloran como remanentes o colgados de las secuencias pre magmáticas en las cuales se emplazaron los ensambles plutónicos Cretácicos. En los contactos entre las rocas de los complejos metamórficos y las de los ensambles plutónicos, afloran zonas de migmatitas y que dependiendo del protolito así como del grado de anatexis, desarrollan diversas estructuras y fases de migmatización. Así por ejemplo en el borde oriental del bloque de los Cabos, las migmatitas asociadas al litodema metasedimentario presentan estructuras de flebita y estromatita, mientras que las asociadas al metaigneo desarrollan estructuras de parche (patch), dictonítica. También se observaron migmatitas con estructura schollen y nebulita. En la zona de contacto con el ensamble plutónico las migmatitas presentan estructuras de nebulita con segregados metamórficos. El material de restita es abundante y está formado por biotita+sillimanita+granate. El paleosoma es difícil de distinguir por el grado de migmatización. En general, el desarrollo de las zonas de migmatita es más amplio en los protolitos cuarzo-feldespáticos, mientras que en el gneis anfibolítico y los calcosilicatos están restringidas. Las estructuras de migmatitas y relaciones de campo permitieron establecer el protolito, las fases magmáticas y los eventos metamórficos asociados a los procesos de formación

de migmatitas. En general se reconocen dos fases principales, en la formación de las migmatitas que están asociadas a cuando menos tres fases magmáticas principales y tres eventos metamórficos regionales y de contacto. El trabajo expone las características de las migmatitas sus relaciones de campo y su papel con las fases magmáticas y eventos metamórficos de la Provincia Complejo Plutónico de La Paz.

GEOQP-9

ORIGEN Y EDAD DEL VULCANISMO SILÍCEO DE EPAZOYUCAN-SIERRA DE PACHUCA

Cristiani Solís Carlos Gaspar¹, Martínez Serrano RaymundoGerardo¹, Solís Pichardo Gabriela¹ y Solé Viñas Jesús²¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

cgcristiani_91@hotmail.com

En el área de Epazoyucan-Sierra de Pachuca (EP-SP), localizada en el sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), se extiende una secuencia volcánica de ~130 km² que cubre discordantemente al Grupo litológico El Morro (Eoceno). De acuerdo con estudios previos, esta secuencia está conformada por flujos de lava asociados a conos de escoria y domos, brechas, depósitos piroclásticos, vitrófidos e ignimbritas que varían de composición máfica a silícica. En general, las rocas volcánicas del área EP-SP se emplazaron del Oligoceno al Pleistoceno y se relacionan a la evolución de la FVTM. No obstante, se han descrito rocas ignimbriticas silícicas cuyo origen no se ha esclarecido aún debido a la dificultad de establecer las relaciones estratigráficas claras de algunas unidades. Además, sólo existe una edad K-Ar de 23.7-21.6 Ma en la Sierra de Pachuca y una edad U-Pb de ~22.6 Ma de la ignimbrita Epazoyucan. Por lo que estas rocas podrían correlacionarse con los primeros episodios de la FVTM o los últimos de la Sierra Madre Occidental de acuerdo con estudios recientes. En este trabajo se realizó la descripción geológica y petrográfica de rocas volcánicas del área EP-SP y se obtuvieron datos de geoquímica de elementos mayores, traza e isotópicos para intentar dilucidar el origen de las rocas silícicas. Las rocas estudiadas presentan composiciones intermedias a silícicas (55-78% en peso de SiO₂) y son de carácter subalcalino. Las ignimbritas silícicas tienen patrones de REE con enriquecimiento de las ligeras respecto a las pesadas y anomalía negativa de Eu. Los patrones multielementales exhiben enriquecimiento de elementos "LIL" con respecto a los "HFS" y empobrecimiento de P y Ti. Mientras que los valores isotópicos de $\delta^{143}\text{Nd}$ varían de -2.57 a -0.80 y los isótopos de Pb muestran una línea de mezcla entre rocas del manto y de la corteza. Por ello se infiere que las rocas ignimbriticas fueron producidas en un arco volcánico asociado a subducción; donde los magmas iniciales fueron diferenciados por procesos de cristalización fraccionada, posible mezcla y asimilación de corteza continental.

GEOQP-10

CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DEL MAGMATISMO POST-CALDERA EN LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA, MÉXICO: RESULTADOS EN LA IGNIMBRITA DE TECOLOQUILLO

Pérez Orozco Juan Daniel¹, Sosa-Ceballos Giovanni² y Macías Vázquez José Luis²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM ENES Morelia²Universidad Nacional Autónoma de México

juandan.perez@gmail.com

El complejo calderico de Acoculco es localizado en la parte este del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. La caldera fue formada hace 2.7 Ma y ha tenido actividad volcánica hasta 0.06 Ma. La actividad volcánica es caracterizada por domos, conos de escoria, flujos de lava fisural y dos erupciones ignimbriticas post colapso; una de estas erupciones explosivas depositó la ignimbrita de Tecoloquillo. Los condiciones pre-eruptivas de la ignimbrita de Tecoloquillo fueron investigadas mediante el análisis de óxidos de Fe-Ti para calcular temperatura (750°C-850°C). La presión será determinada mediante la concentración de H₂O y CO₂ en inclusiones de vidrio. Además, se analizaron cristales de cuarzo y feldespato por medio de espectroscopia de Infrarrojo (FTIR) para determinar la concentración de OH en cristales. Mediante este análisis se pueden diferenciar dos grupos de cuarzo y dos de feldespatos (uno de estos es anhídrido). Los grupos ricos en OH podrían ser derivados de alteración hidrotermal o provenir de otro cuerpo magmático (xenocristales) y los grupos anhídridos probablemente indiquen procesos de desgasificación durante la depositación y modificación de estos magmas en su reservorio. Para el sistema geotermal de la caldera Acoculco estos resultados indican la profundidad y temperatura del reservorio post-caldera que pudiera representar la fuente calor del campo geotérmico.

GEOQP-11

ALMANDINE GARNET-BEARING RHYOLITES IN THE MESA CENTRAL OF MEXICO: GEOCHEMICAL, PETROLOGICAL AND GEOCHRONOLOGICAL EVOLUTION

Sieck Pascal¹, López Doncel Rubén Alfonso², DávilaHarris Pablo¹, Aguilón Robles Alfredo² y Wemmer Klaus³¹División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), Camino a la Presa San José 2055, C.P. 78216, San Luis Potosí, México²Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis

Potosí, Av. Manuel Nava 5, 78240 San Luis Potosí, México

³Geoscience Centre, Georg-August-Universität Göttingen, Goldschmidtstraße 3, 37077 Göttingen, Germany
pascal.sieck@gmail.com

Almandine is an uncommon mineral phase in volcanic rocks worldwide. Its rarity might be due to that garnets are commonly associated to pressure-temperature conditions existing in metamorphic terranes. Garnet-bearing rhyolites are an uncommon evolved rocks that can be caused due to distinct processes. They have been described as phenocrysts and xenocrysts for example in the northern Pannonian Basin and in Australia, but not reported in Mexico except in this locality: La Herradura, in the state of San Luis Potosí. In this study we present the geological characteristics of the La Herradura succession. It comprises a massive andesite and a rhyolitic ignimbrite, from the Oligocene, with a limited age range between 33.3±0.43 and 31.25±0.7Ma (K-Ar whole rock age). This volcanism generated sub-alkaline rocks that form a typical bimodal series, composed by basaltic andesite, garnet-bearing rhyolite and a rhyolitic ignimbrite. Their eruptive vents are associated to regional extension related basin and range tectonic environment. Geochronological constraints on the crystallization age of zircons in the magma chamber and K-Ar whole rock analyses in order to reconstruct the geodynamic history and the eruption age of these rocks. The succession comprises from base to top: An unwelded, light pink to gray rhyolitic tuff with around 10% quartz, plagioclase, K-feldspar, and pyroxene ignimbrite underlie the garnet-bearing rhyolite. La Herradura rhyolite contains hypidiomorphic to idiomorphic almandine-rich garnets, quartz, plagioclase, K-feldspar, and pyroxenes. The Zaragoza Andesite is a massive and dark lava, with pyroxene, plagioclase, and amphiboles with alteration rims. Petrological and geochemical analyses on the El Sombrero Ignimbrite and La Herradura Rhyolite show small differences in composition and that they are derived from a high K-rich calc-alkaline to slightly shoshonitic and peraluminous magma with an intra-plate signature. Geochemical results imply that the rhyolitic volcanic rocks were the result of a process involving partial melting of the lower crust and fractional crystallization. The almandine garnets do not show reactions rims implying that the ascent of the rhyolitic magma was fast. In comparison, Zaragoza Andesite differ from the rhyolitic volcanic rocks in their metaluminous character. Their REE pattern have a moderately enrichment in light-REE, and do not show Eu anomalies. Trace element patterns suggest that the parental magma was derived from partial melting in the uppermost mantle and that it stagnated at the mantle-crust boundary. High Ba, Sr, and U, values can be derived from interaction of the mafic composition and calc-alkaline affinity of the lower crust. U-Pb dating on zircons of the rhyolites show a crystallization of zircons between 32.26±0.92Ma and 31.52±0.48Ma. A whole rock K-Ar age for the garnet-bearing rhyolite, of 31.25±0.70Ma implicates that the process of the ascent and eruption of the rhyolites was probably fast (~0.30Ma). The regional and local geological framework allowed a rapid ascent of the magma along up to 9km long normal faults in an extensional setting and intraplate setting.

GEOQP-12

PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF THE TRIASSIC EL TRANQUILO GROUP, DESEADO MASSIF, PATAGONIA, ARGENTINA: IMPLICATIONS FOR PROVENANCE AND TECTONIC SETTING

Jenchen Uwe

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL/FCIT
uwe.jenchen@gmail.com

The Middle to Late Triassic El Tranquilo Group (El Tranquilo Anticline, Deseado Massif, Patagonia) is a key area between the West Argentinean and North Patagonian outcrops and those of Southwestern Gondwana. The continental sequence is deposited as part of extensional movements, related to the accretion of Patagonia. Petrographic analyses (qualitative and modal analyses) and geochemical analyses (major-, trace- and Rare Earth Elements) of 90 samples were carried out. The sediments of the El Tranquilo anticline are arkoses and lithic arenites which contain lithic fragments from felsic volcanic rocks. Polycrystalline quartz, sub euhedral K-feldspar and biotite is abundant, and corroborate an acidic plutonic source. Major element ratios, trace element ratios (Ti/Nb, Th/Sc, Eu/Eu*), and REE distribution patterns indicate direct derivation from igneous felsic rocks. Paleogeographic constructions locate the El Tranquilo anticline in the area of the Permo-triassic volcanic arc. Although there exists an input of acidic igneous material to the El Tranquilo sag. Low recycling rates indicate short transportation distances; considering the time between cooling and exhumation, the most probable dominant source areas, are the Late Ordovician Dos Hermanos-, the Silurian El Sacrificio- or the Carboniferous Mina La Leona Granites.

GEOQP-13

ESTUDIO METALOGÉNICO DE LA PORCIÓN SW DEL DISTRITO MINERO TATATILA-LAS MINAS, VERACRUZ

Hernández Aviles Geovanny y González Partida Eduardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 geo.heav@gmail.com

Se propone el origen y evolución de la mineralización del yacimiento tipo Skarn en la porción SW del Distrito Minero Tatatila-Las Minas, al oeste del estado de Veracruz, con base en la petrografía, geoquímica e inclusiones fluidas. La Formación Orizaba se compone de calizas arrecifales del Cretácico las cuales hospedan la mineralización, producto de la interacción con cuerpos intrusivos en el Mioceno medio, favoreciendo el desarrollo de un Skarn, que varía a endoskarn, exoskarn, mármol y caliza recrystalizada, cuyas asociaciones metálicas de magnetita, calcopirita, bornita, pirita y oro permiten considerar al yacimiento como IOCG. Los datos geoquímicos y petrográficos de los intrusivos evidencian magmas calcalcalinos, con productos que varían de gabro a granodiorita, de texturas faneríticas a porfídicas con débil a moderada alteración. Los datos microtermométricos de inclusiones fluidas monofásicas, bifásicas y trifásicas muestran temperaturas de homogenización de 130 °C a >570 °C con salinidades de 3% a 55% wt. eq. NaCl. Los datos isotópicos obtenidos muestran valores de -8.5 a +4 ‰¹³C‰VPDB, +7.8 a +26.3 ‰¹⁸O‰VSMOW y -1.9 a +4.2 ‰³⁴S‰VCDT, que indican una interacción de fluidos a diversas temperaturas. Los fluidos relacionados a la mineralización se consideran de origen magmático con influencia de la roca encajonante, a partir de magmas generados en una zona de arco volcánico que evolucionaron a rocas mas diferenciadas y al entrar en contacto con los carbonatos facilitaron el desarrollo de un Skarn, a profundidades de 3 km y 800 bares de presión. Este trabajo se lleva a cabo gracias al Proyecto GEMex 4.1.

GEOQP-14

EVALUACION DEL PREDIO MINERO GOLFO DE ORO, ONAVAS, SONORA, MÉXICO

Felix Luevano Alberto¹, Gómez Javier², Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³, Lucero-Álvarez Jorge² y Pérez Venzor Juan de Dios⁴

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

²Universidad Autónoma de Chihuahua

³Universidad Autónoma de Chihuahua

⁴Servicio Geológico Mexicano
 albertofelix@hotmail.com

El proyecto Minero Golfo De Oro se encuentra ubicado aproximadamente a 170 km al este de la ciudad de Hermosillo, Son. Se tiene acceso al área por la carretera Federal 16 (Hermosillo-Chihuahua). En el km 170 se dobla hacia el sur hacia el Municipio De Ónavas, recorriendo un total de 25 Km. El lote minero colinda con el pueblo de La Dura. Se encuentra entre los límites del municipio de Ónavas y Rosario Tesopaco. Geográficamente se ubica en las coordenadas 640790, 3140676,185. El proyecto se localiza dentro del cinturón metalogénico de porfidos de oro y cobre el cual históricamente ha estado bajo constantes campañas de exploración y explotación intensiva desde mediados de 1600 hasta la actualidad. Dentro del lote Minero Golfo de Oro se han encontrado, obras subterráneas que datan según los pobladores de la región entre 1880 a 1900, en los cuales hay evidencia de una extracción de un cuerpo argilizado rojizo con presencia de cuarzo crustiforme. El yacimiento al igual que la mayoría de los sistemas hidrotermales comprendidos en el cinturón metalogénico del estado de Sonora han estado sometidos a agentes ambientales al igual que hidrotermales, los cuales han contribuido a sistemas Exógenos de enriquecimiento, producto de las aguas meteóricas y eventos hipogeos tardíos. Después de los datos obtenidos por una exploración superficial a detalle se identificaron alteraciones asociadas a un sistema mineral por lo cual se realizó una barrenación a diamante del cual se obtuvieron 3000mts, para interpretación y modelación del yacimiento. Al presentarse las estructuras muy meteorizadas se mandaron 4 briquetas analizar por medio de microscopía de barrido para la caracterización mineral, las cuales arrojaron información suficiente para identificar el sistema hidrotermal como de alta sulfuración y la identificación de Pb y Zn minerales que no se tenían detectados en petrologías. Al igual que identificación de dos eventos tardíos y un sistema supergénico interrumpido hasta el día de hoy. Todo estos eventos están emplazados en sistemas de deformación con buzamientos y orientaciones diferentes por lo cual asociados a eventos laramídicos-basin and range y rift del río grande. Se tiene identificada una veta somera de bajo ángulo con una espesores variables desde 3-35 mts, con valores variables debido al proceso secundario, se tiene una evaluación de reservas completa, las cuales ya comenzaron el proceso de extracción.

GEOQP-15

DEPÓSITO DE FE EN CERRO CARRIZALILLO, ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Reyes-Cortés Ignacio Alfonso¹, Saldivar-Nieto Edgar Josué¹,
 Pérez Venzor Juan de Dios² y Lucero-Álvarez Jorge³

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

²Servicio Geológico Mexicano
 ireyes@uach.mx

En el cerró Carrizalillo existe un depósito hidrotermal formado por enriquecimiento supergénico, constituido principalmente por hematita. El depósito emplazado a lo largo de la zona de cabalgamiento afectado por un fracturamiento paralelo al plano principal. El cabalgamiento permite que las rocas precámbricas se coloquen en contacto tectónico y sobreyaciendo a las calizas del paleozoico medio. Las rocas calcáreas se encuentran recrystalizadas con diferente grado de metamorfismo. La secuencia clástica del Cámbrico evidencia fuerte metamorfismo, al grado de identificar granates dentro de la cuarcita. La mineralización en el depósito está asociada al hidrotermalismo que fluyó prácticamente por toda la traza del cabalgamiento a lo largo del costado suroeste del Cerro Carrizalillo. Sin embargo, hacia el extremo noroeste del cerro es en la parte donde se desarrolló una zona más amplia del fracturamiento y por esa razón donde se emplazó la mineralización. El depósito en la parte superficial está formado por vetas bandeadas e intercaladas de hematita, goethita, calcita y yeso. La estructura que actualmente está siendo explotada tiene un ancho de entre 12 y 20 metros, y se puede seguir hasta por más de 200 m. En algunas partes de la traza del cabalgamiento se encuentran evidencias y manchones de malaquita y azurita asociada a las vetas de hematita y goethita. Hay evidencias de que la mineralización afectó no solo la traza del cabalgamiento, sino la falla normal que limita al cerro por la parte noreste. La concentración de mineral en el extremo noroeste del cerro, está constituido por un depósito original de sulfuros acumulados en los huecos dejados por la estructura brechada del cabalgamiento. De igual forma la brecha formada por la falla normal se encuentra afectada por la mineralización de sulfuros. Actualmente, en la superficie solo se han detectado óxidos. En los barrenos realizados a profundidades de 60 a 100 metros, solo se ha cortado la zona de óxidos. Se hizo una barrenación de exploración intentando ubicar la continuidad y unificación a profundidad de las diferentes estructuras de vetas semiparalelas. Se hicieron algunos estudios de difracción fluorescencia de rayos X para identificar las especies minerales y los elementos que constituyen la mineralización. Se hace una interpretación preliminar del yacimiento y su paragénesis.

GEOQP-16 CARTEL

LA MIGMATITA MAGDALENA DEL COMPLEJO AYÚ, UN EJEMPLO CLÁSICO DE FUSIÓN AVANZADA DE LA CORTEZA PRE-MESOZOICA A TEMPERATURAS ELEVADAS Y PRESIONES INTERMEDIAS: EVIDENCIAS PETROGRÁFICAS Y DE CAMPO

Alcántara Torres Mariana Yolotzin, Ortega Gutiérrez Fernando y Elías Herrera Mariano
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mari-yolotzin_ct@ciencias.unam.mx

La Migmatita Magdalena (MM) constituye la unidad litológica estructuralmente mas profunda del Complejo Acatlán (1). Actualmente se le considera la contraparte semifundida de la unidad siliciclástica Chazumba sobreyacente y separada del Complejo Acatlán por una falla compuesta de carácter normal/inversa y edad mesozoica. Juntas, estas unidades definen al Complejo Ayú (1, 3), caracterizado por la edad jurásica (171 Ma) del intenso metamorfismo que lo formó y por sus protolitos de edad jurásica (190-171 Ma). Sin embargo, a diferencia de la unidad Chazumba carente de minerales cálcicos, la MM es abundante en ellos (clinopiroxenas y anfíboles), incluyendo cuerpos de calcsilicatos y algunos mármoles impuros. Un estudio detallado de campo y petrográfico en la localidad tipo de la MM, ubicada entre los poblados de Ayú y Magdalena, estado de Oaxaca, y abarcando la zona principal de sus afloramientos (8x5 km), permitió establecer aspectos fundamentales de su petrogénesis y proponer a la región como un ejemplo clásico para el estudio de los procesos de fusión parcial que se dan a niveles medios de la corteza continental en presencia de fluidos acuosos abundantes, pero sin llegar a la saturación del sistema. La fusión parcial se produjo a temperaturas pico estimadas ca. 800 °C con base en la reacción petrográficamente identificada clinocloro=enstatita+forsterita±espinela+H₂O y de leucosomas pobres en feldespato potásico. La ausencia de minerales índice de presiones elevadas como granate y clanita, o bien bajas como cordierita y andalucita, permitió estimar presiones máximas de 5-6 kbar para el evento de fusión. Las asociaciones ó minerales índice de la parte alta de la facies de anfíbolita identificadas en el área son hornblenda titanífera y la coexistencia generalizada de hornblenda y clinopiroxena. La retrogresión produjo minerales típicos de la facies de esquisto verde como clorita, epidota, mica blanca y microclina. Un aspecto singular del proceso de fusión observado en el campo es la abundancia de granitos tipo S, desde sintectónicos hasta postectónicos, frecuentemente caracterizados por sus minerales magmáticos sobresaturados en aluminio, como granate, muscovita y ocasionalmente sillimanita. Algunos de estos cuerpos contienen xenocrístales de ortopiroxena, reflejando su procedencia de niveles corticales más bajos y de mayor temperatura que los expuestos. El origen de la MM y el calor de su metamorfismo

se ha atribuido a la presencia de una pluma jurásica (2), o bien al desarrollo de un núcleo metamórfico central, pero no se tiene pruebas que confirmen estos modelos, salvo que la deformación manifiesta evidencias estructurales de un régimen extensional dominante y enfriamiento rápido progresivamente acelerado del sistema (21-100°C/Ma). La coexistencia en tiempo y espacio de cuerpos gabroicos y ultramáficos en la parte estructuralmente más alta de la migmatización, debe considerarse como un factor adyuvante importante que suministró el calor para fundir una corteza fértil con fluidos abundantes. El Trabajo fue apoyado con fondos del proyecto PAPIIT-UNAM (IN105018). 1. Ortega-Gutiérrez, 1981; 2. Keppie et al., 2004; 3. Helbig et al., 2013.

GEOQP-17 CARTEL

MAGMATISMO TRIÁSICO-JURÁSICO EN EL NE DE MÉXICO: EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS Y GEOCRONOLÓGICAS

Castañeda Narvaez Erik
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
erick_narvz@outlook.com

En el Noreste de México, la estratigrafía de la parte inferior del Mesozoico está representada por secuencias siliciclásticas (Formación El Alamar, La Boca y La Joya) y evaporíticas (Formación Minas Viejas). Estas unidades han sido penetradas por cuerpos magmáticos, los cuales exhiben diferencias en mineralogía, geoquímica, edad y ambiente geotectónico. El magmatismo en la Cuenca de la Popa se presenta en forma de diques basálticos y monzoníticos, con una afinidad tectónica a rifting continental, que se encuentran emplazados dentro de diapiros salinos de la Formación Minas Viejas (Jurásico Medio-Superior). Por otra parte, en el área de Galeana, la secuencia siliciclástica que constituye a la Formación El Alamar (Triásico Superior), se encuentra cortada por cuerpos hipabisales basálticos, que presentan una firma geoquímica de arco de isla. Además, una secuencia de tobas volcánicas félsicas y domos traquiandesíticos a riódacíticos, relacionados a un ambiente de arco continental, ocurre dentro de evaporitas de la Formación Minas Viejas. Las dataciones radiométricas U-Pb en circones en La Huiche y Las Enramadas revelan una edad de 149.4 ± 1.2 y 158.7 ± 1.1 Ma, respectivamente para el área Galeana. Además se obtuvo una edad $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ de 147.35 Ma en biotitas para un dique monzonítico en la Cuenca de la Popa. La información sugiere la evolución de un sistema de arco de isla a uno de tipo continental en el margen Pacífico de Norteamérica, entre el Triásico y el Jurásico. El magmatismo extensional estaría relacionado al proceso de fragmentación de Pangea y la apertura inicial del Golfo de México.

GEOQP-18 CARTEL

EL PLUTONISMO DEL EOCENO TEMPRANO: GEOLOGÍA, PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE INTRUSIVOS EN LA PARTE NORESTE DE LA MESA CENTRAL

Álvarez Cardona José de Jesús¹, Levresse Gilles² y Orozco Esquivel María Teresa²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias Campus Juriquilla, UNAM CGEO

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias Campus Juriquilla, UNAM CGEO
pepe.3838@hotmail.com

En la Mesa Central de México existe un periodo de quietud magmática, durante el Cretácico Tardío al Eoceno temprano (-66-50Ma). En la parte noreste de la Mesa Central, existen cuerpos intrusivos graníticos (La Tesorera ZAC, Peñón Blanco ZAC, Charcas SLP, Real de Catorce SLP, Guadalcázar SLP) que se emplazaron a lo largo del Paleoceno y Eoceno, que permiten estudiar esta evolución magmática y decifrar su origen. El magmatismo en esta zona se caracteriza por batolitos graníticos con presencia de Turmalina (50 Ma) que evoluciona en un magmatismo rico en elementos volátiles y generalmente fértil en metales (LILE; 48-45 Ma). Los diferentes cuerpos plutónicos se emplazan en la secuencia sedimentaria y vulcanosedimentaria del Mesozoico. El magmatismo Cretácico Tardío (Tesorera) se describe como un granito monzonítico con textura porfírica equigranular compuesto por feldespato, cuarzo, biotita y hornblenda. Es un cuerpo hipabasal y contiene fenocristales de cuarzo, ortoclasa y biotita en una matriz microcristalina, en los afloramientos se presenta como una serie de apófisis y diques. El batolito de Peñón Blanco del Eoceno se caracteriza por ser una roca leucocrática hiperaluminosa con mayor presencia de minerales ricos en boro como Turmalina y Damburita, tiene una textura porfírica y tiene fenocristales de cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, moscovita y biotita. El plutonismo Eocénico (Charcas) se caracteriza por ser una roca cuarzomonzonita-granodiorita color gris verdoso con textura holocristalina, porfídica, con fenocristales de ortoclasa, plagioclasa, cuarzo y abundante biotita, en su mayoría se encuentra fuertemente silicificada, con partes donde los feldespatos están completamente caolinizados. El plutonismo Eocénico (Real de Catorce) se presenta con un cuerpo granodiorítico que tiene una textura porfírica en colores gris verdoso, contiene fenocristales de feldespato y el cuarzo es muy evidente, en muestras de mano es posible reconocer los cubos de pirita. El plutonismo Oligoceno (Guadalcázar) se caracteriza por ser un cuerpo porfírico alcalino con fenocristales de cuarzo y feldespatos en una matriz de cuarzo, ortoclasa, biotita y magnetita, hay partes que son mineralizadas y presentan una alteración hidrotermal. El trabajo realizado nos ayuda a entender y explicar de una mejor manera la evolución magmática que ha tenido la parte noreste de la mesa central entre el plutonismo del

Cretácico Tardío y el Eoceno, entendiendo los cambios geoquímicos de los magmas a lo largo de éste periodo y así poder descifrar la génesis de éstos.

GEOQP-19 CARTEL

PROVENANCE ANALYSIS OF PALEOCENE – MIOCENE SANDSTONES, SIERRA DE CHIAPAS, MÉXICO

Jenchen Uwe¹, Ramos-Ledezma Andrés¹, Rodríguez-Saavedra Pedro¹,
Méndez Delgado Sóstenes¹, Yutis Vsevolod², Masuch-Oesterreich
Dirk³, Ramírez-Fernández Juan Alonso¹ y Velasco Tapia Fernando¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL/FCI

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

³Geólogo Consultor, Linares
uwe.jenchen@gmail.com

The present study shows the application of various field and analytical methods with the objective to differentiate changes in source areas of turbidity systems deposited in the Sierra de Chiapas, Mexico. The Sierra de Chiapas is situated in the southeastern Mexican Republic. It covers the states of Oaxaca, Veracruz, Tabasco, and the whole state of Chiapas. The Sierra de Chiapas, located within the North American plate, shares borders with the Cocos and Caribbean plates. Surrounding geological elements are the Chiapas Massif in the south, the Yucatan platform in the east, and the Chiapas-Tabasco basin in the north, which is formed as consequence of the Mexican Gulf opening, being part of the petroleum bearing basins in the Western Gulf of Mexico. The evolution of the Sierra de Chiapas reflects the development of an initial rift, with deposition of Jurassic andesitic volcanic rocks, synrift sedimentation, and the development of a Cretaceous carbonate platform with marginal terrigenous facies in the southeast. During the Paleogene to Neogene, tectonic events change the basin geometry. As a result, the depocenter moves to the northeastern part of the Sierra de Chiapas. Sediments transported in turbidity systems were deposited during the Paleocene (Fm. Soyaló), in the Lower Eocene (Fm. Nanchital) and in the Lower Miocene (Fm. Depósito and Fm. Encanto). These Miocene deposits are comparable to the oil bearing sandstones of the "Salina del Istmo" basin. In outcrops along the National Road Ocozacoautla-Malpasito, coarse-grained channel fill sediments of meandering and abandoned channels are developed. Overbank cycle deposits and crevasse splay lobes are also reported. The widespread and heterogeneous hinterland, in combination with a synsedimentary volcanism, in the Miocene, have influence on maturity and composition of the sandstones. Only comparable depositional lithofacies were sampled to extract provenance and to minimize influence by transport sorting. Radiometric measurements with a GRS-500 equipment (Differential Gamma Spectrometer) were made during the sampling, establishing possible clay mineral content changes. Petrographical modal analyses were compared to whole rock geochemical analyses including major, trace, and rare earth elements. The information obtained in the present study reveals the existence of two source areas. Petrographic data of Paleocene sandstones show the influence of carbonate platform sediments as source area, but geochemistry indicates a significant input of mafic to ultramafic rocks (MORB), which also may contribute to the radiometric response. Miocene deposits have a more acidic hinterland, as shown by petrography, geochemistry, and magnetometry data. A significant influence of synsedimentary volcanism (documented by vitreous tuffs) to sandstone composition couldn't be proofed.

GEOQP-20 CARTEL

GEOQUÍMICA Y PETROGÉNESIS DEL COMPONENTE VOLCÁNICO DE LA FORMACIÓN CHILITOS, FRESNILLO, ZACATECAS: IMPLICACIÓN DEL ORIGEN Y AMBIENTE TECTÓNICO

Martínez Torres Erik Emmanuel y Verma Sanjeet Kumar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
emmanuel.martinez@ipicyt.edu.mx

El área de estudio se localiza dentro del Distrito Minero Fresnillo, al sur de la Ciudad de Fresnillo, Zacatecas. La zona se encuentra dentro a la Provincia Volcánica de la Sierra Madre Occidental. La columna estratigráfica de la zona se conforma en la base por un basamento de edad Jurásico superior – Cretácico inferior constituido por rocas de origen vulcano-sedimentario (andesita, basalto y sedimentos terrígenos-lutita), las cuales forman parte de la Formación Chilitos. Posteriormente durante el Cretácico ocurre un depósito de sedimentos calcáreos. Finalmente durante el Oligoceno, cubriendo a la secuencia calcárea, se emplazan rocas volcánicas de composición riolítica, las cuales comprenden las unidades silíceas que conforman a la Sierra Madre Occidental. Mediante estudios de análisis químicos por fluorescencia de rayos x e ICP-MS se determinaron los elementos mayores y traza para el estudio petrogenético del componente volcánico de la Formación Chilitos. El componente volcánico de la Formación Chilitos se conforma por depósitos de lava de composición diferenciada entre andesita y basaltos con estructuras de almohadilla y brechada. Los elementos mayores nos proporcionaron la información necesaria para determinar la composición de la lava que conforma esta secuencia volcánica. A su vez el estudio petrográfico nos ayuda a corroborar la composición de componente volcánico, los procesos que se dieron previo a la extrusión de la lava y la determinación del grado de alteración que presenta. El análisis de elementos traza nos permitió determinar el ambiente tectónico que originó el vulcanismo de la Formación Chilitos.

GEOQP-21 CARTEL

GEOQUÍMICA DE ZIRCÓN INCLUIDO EN TOBAS ALTERADAS DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (CRETÁCICO SUPERIOR; SIERRA MADRE ORIENTAL)

Gauna Saucedo Iris Lucia
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
iris-gauna0719@hotmail.com

La Formación San Felipe es una unidad litológica que representa al Santoniano - Campaniano de la columna estratigráfica de la Sierra Madre Oriental, Noreste de México. De acuerdo a estudios previos, esta unidad (espesor total: 120-160 m) representa la transición de sedimentación desde un dominio calcáreo a uno siliciclástico, asociado a un proceso de regresión marina ligado al evento de deformación laramida de la secuencia sedimentaria. De forma contemporánea, la cuenca recibió el aporte de cenizas volcánicas, principalmente de composición félsica, que se incorporaron a la secuencia sedimentaria. En general, los afloramientos de la Formación San Felipe en Nuevo León y Tamaulipas incluyen hasta 16 horizontes de tobas alteradas, los cuales se encuentran constituidos por una matriz vítreo-arcillosa con illita y clorita en la que se encuentran embebidos cristales de cuarzo, feldespatos potásico, plagioclasa cálcica, biotita y circón. De acuerdo a la composición geoquímica, las tobas alteradas representan la evidencia de un vulcanismo generado en un ambiente arco continental que se ubicó en el paleo-margen occidental de Norteamérica durante el Cretácico Superior por subducción de la placa Farallón. El presente estudio tiene como propósito reportar y analizar la composición química de especímenes de circón (edad U-Pb = 75 – 84 Ma) separados de tobas alteradas, colectadas en un afloramiento de la Formación San Felipe en la localidad Cerro Labradores, Galeana, N.L. Para la muestra CL-06, como ejemplo, los circones se caracterizan por la siguiente composición general: %Hf = 10.9 ± 1.2 (n = 40), %Y = 0.13 ± 0.04 (n = 30), U = 780 ± 400 ppm (n = 39), Th = 310 ± 180 ppm (n = 38), P = 280 ± 140 (n = 32), Ti = 7.9 ± 5.0 ppm (n = 30), La = 0.10 ± 0.07 ppm (n = 17), Eu = 0.9 ± 0.5 ppm (n = 38), Yb = 500 ± 200 ppm (n = 40). De acuerdo a los patrones normalizados de lantánidos y al esquema CART (Classification and Regression Trees) para estudio de circones, propuesto por Belousova et al. (2002; Contrib. Mineral. Petrol. 143, 602-622), los especímenes bajo estudio pueden considerarse como circones de origen ígneo, asociados a magmas graníticos (%SiO₂ > 60). Este tipo de líquidos se producen en general por fusión parcial de corteza en ambientes de arco continental. Estos resultados refuerzan el modelo de origen para la toba alterada de la Formación San Felipe que fue propuesto por Velasco-Tapia et al. (2016; J. South Am. Earth Sci. 70, 18-35).

GEOQP-22 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL VULCANISMO BIMODAL, ZONA DE TRASARCO, SECTOR CENTRAL DE LA FVTM, LA CUADRILLA-TEMASCALCINGO, ESTADO DE MÉXICO

Galarza López Antonio¹, Martínez Serrano Raymundo
Gerardo², García Tovar Gloria P.³ y Roldán-Quintana Jaime³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Instituto de Geología, UNAM
tonogalo9301@gmail.com

Existen diversos procesos mediante los cuales se puede producir un magmatismo compuesto de tipo bimodal, por ejemplo: cristalización fraccionada de magmas máficos, fusión parcial de la placa en subducción, asimilación cortical por magmas máficos, mezcla de magmas, entre otros. No obstante, existen aún interrogantes de cómo se produce dicho magmatismo. En el presente trabajo se realizó un estudio petrográfico y geoquímico de vulcanismo máfico y dacítico de la región La Cuadrilla-Temascalcingo, Estado de México, con el fin de entender los procesos petrogenéticos que se han producido. El área de estudio se localiza en la porción central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), a ~80 km al norte del frente volcánico actual (zona de trasarco). Ésta se encuentra delimitada por fallas normales con dirección E-O, de más de 100 km de longitud (Pastores- Acambay), que delimitan al graben de Acambay. Estudios realizados recientemente dentro del graben y cercanos a la zona de estudio indican la presencia de vulcanismo de tipo bimodal (andesitas basálticas y dacitas) el cual se le ha asignado una edad del Cuaternario. Los magmas máficos se encuentran emplazados en conos de escoria y flujos de lava asociados, mientras que los más evolucionados se presentan en domos de lava y algunos depósitos piroclásticos. Las andesitas basálticas tienen textura porfírica, con fenocristales (10%) de plagioclasa, clinopiroxeno y ortopiroxeno, en una matriz microlítica de plagioclasa y piroxeno. Las dacitas presentan de manera general textura porfírica, con fenocristales (15%) que forman glomeropórfidos de plagioclasa, ortopiroxeno y clinopiroxeno, inmersos en una matriz de vidrio y escasos microcristales de plagioclasa. Se determinaron concentraciones de elementos mayores y trazas mediante análisis por medio de Fluorescencia de Rayos X e ICP-MS. Los datos de elementos mayores utilizados en la elaboración del diagrama TAS, definieron dos poblaciones: lavas máficas que varían de 52 al 56% en peso de SiO₂ (andesitas basálticas) y rocas con 63 a 70% en peso de este óxido (dacitas), todas con una afinidad subalcalina. El diagrama multielemental de las rocas dacíticas muestra enriquecimiento de elementos LIL con respecto a los HFS y anomalías negativas de Nb, Ta, P y Ti (los dos últimos

elementos indican fraccionamiento de apatito e ilmenita). Estos patrones son típicos de magmas asociados con procesos de subducción. En el caso de las rocas máficas, éstas presentan patrones multielementales que no son claramente típicos de procesos de subducción, ya que tienen características de magmas tipo OIB. En cuanto a los patrones de elementos de Tierras Raras, las rocas máficas y félsicas muestran patrones similares como enriquecimiento de Tierras Raras ligeras con respecto a las pesadas y solo las dacitas presentan anomalías negativas en Eu. De acuerdo con los datos presentados se puede definir que el magmatismo en la zona está asociado con la fusión parcial de una corteza continental inferior máfica, la cual fue probablemente afectada por inyecciones de magmas máficos derivados de un posible manto heterogéneo.

GEOQP-23 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA Y GEOCRONOLÓGICA DEL VULCANISMO SILÍCO DE LA ZONA DE EL TEPENE, PUEBLA

Landa Piedra Lizbeth¹, Ramos Rosique Aldo², González Torres Enrique² y Macías Medrano Sergio Enrique³
¹Instituto de Geología, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
³Facultad de Ingeniería, UNAM
liz_lp1105@hotmail.com

La zona volcánica de El Tepenene se encuentra en el extremo oriental del vulcanismo silíceo del sector norte-central de la provincia magmática de la Sierra Madre del Sur (SMS), ubicada en la transición entre los bloques corticales de los terrenos Guerrero (W) y Mixteco (E). Entre ~38 - 28 Ma, erupciones caldéricas y fisurales generaron una cadena de estructuras de colapso, domos riolíticos, cuerpos hipabisales y lavas intermedias a silíceas, que conforman los centros volcánicos de Nanchititla, San Vicente, Valle de Bravo, Muñeca, Paredes, Goleta, Taxco, Tilzapotla y Huautla; cuyo estudio ha evidenciado una migración del magmatismo hacia el SE. La zona de El Tepenene ha sido poco estudiada en detalle y presenta paquetes de flujos andesíticos con fenocristales de plagioclasa y piroxeno y espesores visibles de ~100m. Por encima de éstos descansan grandes espesores (~250 m) de paquetes de ignimbritas dacíticas (61 - 72 %wt SiO₂) con fenocristales de feldespatos ± anfíbol ± biotita, ± cuarzo y pómez. Dicha secuencia de rocas ígneas sobreyace a una unidad estratigráfica que corresponde a la Formación Raboso (Eoceno Tardío) siendo una sucesión de depósitos conglomeráticos de abanicos aluviales. La Formación Raboso sobreyace a los esquistos verdes del Complejo Acatlán (Paleozoico). La secuencia ignimbítica (~34.5 - 29.9 Ma) cuenta con paquetes de ignimbritas ricas en líticos consideradas como brechas líticas masivas, con líticos de hasta ~2 m de diámetro, y formando unidades con espesores de hasta ~60 m. Un intrusivo hipabisal dacítico (65 - 67 %wt SiO₂) denominado como Tepenene aflora en la zona de estudio, con fenocristales de feldespatos ± anfíbol ± biotita y cuarzo, con matriz hipocristalina conformada por la misma paragénesis, escasos óxidos, apatitos y circón. Dicho intrusivo se emplazó en un periodo de ~31.2 - 31.0 Ma. Con los nuevos datos obtenidos y la relación con los centros volcánicos aledaños, se puede llegar a la conclusión de que la zona de El Tepenene representa actividad asociado a la SMS y confirma la migración del magmatismo explosivo hacia el SE. También nos indica que, aunque presenta edades similares al Centro Volcánico de Huautla puede ser un centro volcánico independiente ya que los paquetes de brechas líticas masivas representan facies proximales y fueron emplazadas cerca del conducto volcánico.

GEOQP-24 CARTEL

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA MINERALÓGICA DE CENIZAS VOLANTES PARA SU UTILIZACIÓN COMO MATERIAL PUZOLÁNICO Y PRODUCCIÓN DE ZEOLITAS SINTÉTICAS

Morales González Fernando, Guajardo Lara Juan José y Rodríguez Vega Antonio
Universidad Autónoma de Coahuila; ESI-UAdC.
fernandomorales1895@gmail.com

En el presente trabajo se ha logrado la caracterización preliminar de las cenizas producidas en las centrales carboeléctricas de la región, tanto volantes como del fondo de los hornos. Este material es considerado en la actualidad como desecho de la industria generadora de electricidad, la cual produce grandes volúmenes del mismo; llegándose a interesantes conclusiones acerca de su posible utilización como material puzolánico y como materia prima para la producción de zeolitas sintéticas. La caracterización química se llevó a cabo mediante la técnica de espectrometría de fluorescencia de rayos "X" (EFX) la que permitió determinar la presencia y concentración de los componentes mayores (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO. Etc) y elementos trazas (Sr, Zr, V, Th, Pb, Cu, Zn, Y, Ni, U, As y Hg). Para conocer las características mineralógicas se empleó la técnica de DRX, la que permitió determinar la presencia de las principales fases minerales presentes en las cenizas, así como la presencia de fases amorfas o de bajo grado de ordenamiento en ellas. La composición mineralógica se estudió también a partir de láminas delgadas de las cenizas embebidas en resina epoxi, mediante el empleo del microscopio petrográfico, lo que permitió la caracterización morfológica, granulométrica y mineralógica de estas cenizas. Los resultados obtenidos han

permitido comparar las cenizas objeto de estudio con las estudiadas a nivel mundial con la finalidad de ser utilizadas como material puzolánico y para la producción de zeolitas sintéticas, llegándose por su semejanza de que nuestras cenizas pueden utilizarse con el mismo fin.

GEOQP-25 CARTEL

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PETROLÓGICO DE LOS CUERPOS INTRUSIVOS, DE EL REALEJO MUNICIPIO DE GUADALCÁZAR, SAN LUIS POTOSÍ Y SU RELACIÓN CON LOS YACIMIENTOS TIPO GREISEN-SKARN (SN-W)

Torres Jurado Emilio¹, Morales Gámez Miguel² y Barboza Gudiño José Rafael²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí
etj199524@gmail.com

En las inmediaciones de la comunidad de El Realejo en el municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí, aflora un cuerpo granítico de composición alcalina, en torno al cual se ha prospectado y explotado desde la época colonial y hasta años recientes cuerpos con minerales de plata, oro, plomo, zinc y fluorita. Además en la bibliografía podemos encontrar que existen algunos estudios sobre inclusiones fluidas que detallan el tipo de fluido complejo que transportó y depositó a la plata. También existen estudios sobre los placeres de estaño, cercanos a los cuerpos intrusivos. Sin embargo no existen en la actualidad estudios petrogénéticos detallados del cuerpo intrusivo, de sus estructuras internas y de la mineralización asociada de estaño, tungsteno berilo y litio. Debido a ello en el presente trabajo se analiza la hipótesis de un posible modelo de yacimiento asociado a este cuerpo intrusivo de tipo greisen-skarn (Sn-W). Mediante la elaboración de una cartografía detallada de los cuerpos intrusivos y las zonas de alteración con el apoyo imágenes satelitales de tipo Aster en el ambiente Envi, se analizaron cinco secciones, en las cuales se midieron las estructuras internas del granito como lo son; foliaciones, diques aplíticos, vetas de cuarzo, vetas de sulfuros, pegmatitas miarolíticas, diaclasas y xenolitos de calizas pertenecientes a la roca de caja, en los cuales se generaron los skarns. Además de la utilización de datos geoquímicos y análisis petrográficos de detalle en los cuales se describen cuatro tipos de texturas principales (pegmatitas, pórfido granítico, granito equigranular y aplitas), para poder definir adecuadamente el tipo de granitoide, el ambiente tectónico en el que se generó, su relación con la roca encajonante (calizas y evaporitas las cuales son importantes para la formación de un greisen) y su relación con los tipos de yacimientos minerales mencionados. También se describen algunas especies minerales antes desconocidas en la localidad como la Zinnwaldita y otras especies ya reportadas asociadas a la mineralización de estaño, tungsteno y molibdeno. Detallando su paragénesis por medio de análisis mineragráficos. Con base en la cartografía previa y usando las imágenes satelitales Aster procesadas en el ambiente Envi se localizó otro miembro del intrusivo en la parte nor-oriental del área de estudio, en la localidad conocida como Aguaje de Sánchez. En este cuerpo se realizó una pequeña sección, en la cual se definió que el granito es de similar textura al granito que se encuentra en las inmediaciones de la comunidad El Realejo, también se presenta muy afectado por alteración argílica y está cubierto por múltiples bloques de caliza de la Formación El Abra. Debido a ello es difícil definir los límites de este cuerpo, sin embargo, esta información ayuda a comprender el modo de emplazamiento del granito, las probables dimensiones y a ubicar nuevos puntos de exploración para yacimientos asociados a este cuerpo. Palabras clave: Yacimientos minerales, Hidrotermalismo, Imágenes de satélite, Guadalcázar.

GEOQP-26 CARTEL

PETROLOGÍA DE LOS SISTEMAS PORFÍDICOS ASOCIADOS A LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE LA HUACANA, MICHOACÁN, MÉXICO

Díaz Ortiz Miguel Ángel
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
diazgeologia@gmail.com

La región de La Huacana se localiza aproximadamente a 100 km al SW45° en línea recta de la ciudad capital de Morelia, en la porción central del estado de Michoacán. Actualmente es una de las entidades federativas con una producción importante de mineral de cobre. El objetivo primordial del presente trabajo fue la caracterización mineralógica y petrológica de las rocas asociadas con la metalogénia de los yacimientos de cobre de la región. La metodología empleada consistió, básicamente, en la cartografía geológica de las rocas que constituyen el wallrock (roca encajonante) de los cuerpos mineralizados que, generalmente, consisten de estructuras tabulares brechadas, así como de aquellas que presentan mineralización diseminada de sulfuros de cobre, generalmente intrusivos graníticos y pórfidos. Las muestras colectadas fueron preparadas para análisis geoquímicos por elementos mayores, con el fin de caracterizar el magmatismo asociado y para determinaciones petrológicas y mineragráficas a través de láminas delgadas y superficies pulidas; las rocas colectadas fueron analizadas con microscopía de luz transmitida (diascópica) y reflejada (episcópica) y la obtención de imágenes se obtuvo mediante la utilización del software TopView 3.7 para Windows 7.0. Las principales zonas productoras se ubican al oriente del poblado de La Huacana, y corresponden a: El Distrito Minero Inguarán (Mina Malacate) y a la zona conocida como El Reparo de Luna y La China; En la región de Inguarán las rocas que conforman el wallrock

consisten principalmente de stocks graníticos con una fuerte oxidación producto de la lixiviación de los minerales de cobre, mientras que en la zona del Reparo de Luna el wallrock está representado por pórfidos andesíticos y dacíticos que hospedan estructuras tabulares prominentes de hasta 10 m de espesor que representan shears (cizallas) con fragmentos subangulosos con desarrollo de halos de turmalina cementados con sílice y con cobre de alta ley; aunque se conocen zonas, como la mina La Esmeralda, en donde los cuerpos tabulares se convierten en chimeneas irregulares alojadas en intrusivos graníticos que, además, presentan diseminación de sulfuros de cobre con valores o contenidos de Cu < 1 ppm y que representa mineralización tipo pórfido cuprífero. La presencia de mineralización diseminada de cobre permite establecer la posibilidad de yacimientos tipo pórfido en la región, cuya existencia se vería dilucidada con mayor trabajo de exploración y de investigación metalogénica.

GEOQP-27 CARTEL

ANÁLISIS GEOLÓGICO MINERO DE UN YACIMIENTO DE CALIZAS EN EL MUNICIPIO DE LA HUERTA, DEL ESTADO DE JALISCO

Barrera Uriel y Franco Arreola Héctor Emmanuel
Universidad de Guanajuato, UG
uribarrera.96@gmail.com

El Municipio de La Huerta es uno de los 125 municipios que pertenecen al estado de Jalisco, México. Localizada en la costa del estado, las calizas que analizamos pertenecen a la formación Tepalcatepec que se encuentran en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del sur y el Terreno Guerrero de acuerdo a la división de los terrenos tectonoestratigráficos. En la zona de interés hay intrusivos cuaternarios en contacto directo con la caliza, lo que provoca una recristalización de esta roca e industrialmente tiene menos valor. Buscamos un área "sana" es decir que no haya sido afectada por los intrusivos. El trabajo de campo consistió en la recolección de muestras in situ en varios puntos de la zona y una descripción petrográfica de los testigos. El análisis de las muestras se hizo por medio de fluorescencia de rayos-x (FRX) y arrojó en promedio de 95% de Óxido de Calcio, lo que nos indica que tenemos un yacimiento de calizas con alta pureza ideales para ser utilizadas en la elaboración de cal. Una de las rocas sedimentarias con gran valor económico es la caliza, la cual es materia prima en muchos procesos industriales; en la agricultura, en la edificación y en las industrias químicas. En la construcción se usa como "piedra de dimensiones" (conocida como cantera), es agregado para la fabricación de cemento. El uso más importante de la caliza en la agricultura es el tratamiento de las tierras para neutralizar los ácidos del suelo.

GEOQP-28 CARTEL

CARACTERIZACIÓN QUÍMICO - MINERALÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DE LA MINA EL CRISTO DEL DISTRITO MINERO REAL DEL MONTE – PACHUCA

Martínez Bautista Karina
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
karinamb276@gmail.com

El distrito minero Real del Monte – Pachuca ha producido plata y oro por más de 500 años, y se trata de uno de los distritos históricos que ha contribuido a la industria minera del país, tanto en conocimientos, como en la introducción de nuevas tecnologías; este yacimiento argentífero se caracteriza por ser de bajas temperaturas y encontrarse a poca profundidad, es decir se trata de un yacimiento de tipo epitermal, el cual forma relleno de fisuras y vetas, en una roca encajonante previamente deformada. En este yacimiento la mineralización es 90% perteneciente al terciario (Consejo de Recursos Minerales, 1992). La mina El Cristo se encuentra al norte de la ciudad de Pachuca en el cerro San Cristóbal, y pertenece al distrito minero de Real del Monte – Pachuca. Este distrito minero se encuentra al centro de la provincia fisiográfica del Eje Neo Volcánico conformada por paquetes de andesitas, riolitas y tobas piroclásticas. Los valores económicos que actualmente se están extrayendo de esta mina en particular se encuentran encajonados en andesitas, que son parte de las formaciones Pachuca y Cerezo y que junto a otras 6 formaciones más conforman al Grupo Pachuca definido por Geyne en 1963 en su publicación 5E para el antes Consejo de Recursos Naturales no Renovables. La mineralización se encuentra concentrada en dos estructuras principales: veta Hormiguera y veta Calderona, estas son conjuntos de vetas y vetillas que forman ramaleos de vetas dentro de los cuales se ve incorporada a la roca encajonante, las estructuras tienen una dirección preferencial E -O, sin embargo, las características mineralógicas entre ellas nos indican diferentes eventos de mineralización. Mediante estudios petrográficos y mineragráficos se definirá la paragénesis mineral y las alteraciones de las estructuras, por otro lado, con geoquímica se definirán las características de la mineralización del material muestreado en brechas de falla.

GEOQP-29 CARTEL

RECONOCIMIENTO DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN JALES DE CARBÓN

Flores Hernández Ana Lucía, López Saucedo Felipe de Jesús, Camacho Castro Sandra, Vallejo Hernández Diego, Batista Rodríguez José Alberto, Dávila Pulido Gloria Ivone, Almaguer Carmentales Yuri, Díaz Martínez Roberto y Gaytan Espinoza Alexis
*Escuela superior de ingeniería, ESI
luciafloresh@gmail.com*

El presente trabajo se desarrolló en la unidad minera del ejido Santa María, municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila. El objetivo de la investigación fue analizar la composición química y las variaciones de los elementos potencialmente tóxicos en los jales de carbón. Los trabajos de campo incluyeron la descripción geológica de los residuos mineros, y la recolección de muestras. En el laboratorio se desarrollaron mediciones de fluorescencia de rayos x y se midieron las propiedades fisicoquímicas de los jales (i.e., V, A, H). Los resultados indicaron que los jales se clasifican en tres grupos: jales de color negro y café de textura arcillosa notablemente plástica, jales de color negro de textura arcillo-arenosa y jales de color negro y amarillo-rojizo de textura arenosa. La composición química en términos generales indicó que la presencia de elementos ligeros como H, C, N y O es notable en los jales (entre 17 y 67%). Así mismo, se establece que los elementos Ti, K, S, Ca, Fe, Al y Si predominan en los tres grupos de jales identificados. La concentración de los elementos potencialmente tóxicos como el As, Cd y Pb, presentaron valores de 3.43 mg.kg⁻¹, 6.73 mg.kg⁻¹ y 14.56 mg.kg⁻¹ ppm, respectivamente. Considerando como base los valores reportados en la Norma Oficial Mexicana de jales NOM-141, se reconoce que la concentración de los elementos As, Cd y Pb están por debajo de los límites que pueden representar riesgo. Sin embargo, se sugiere continuar con los trabajos de caracterización, en razón, porque se observaron variaciones notables en algunos elementos potencialmente tóxicos como el vanadio, entre 76 y 86 mg.kg⁻¹, superiores al límite que puede representar riesgo (78 mg.kg⁻¹).

GEOQP-30 CARTEL

MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE LA GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS BASADO EN LA GEOMETRÍA DE SUBCUENCAS

Acosta Rodríguez Bryan Fernando¹, Medrano-Amavisca Emmanuel Iván², Araiza-González Aldahir Eduardo³, Gómez-González Jorge², Lucero-Álvarez Jorge¹ y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso³
¹Universidad Autónoma de Chihuahua
²Servicio Geológico Mexicano
³Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a301522@uach.mx

Los métodos de interpolación son ampliamente utilizados para construir mapas de isolíneas en los estudios de geoquímica. Los mapas de isolíneas o imágenes raster construidos mediante técnicas de interpolación representan una adecuada perspectiva para definir la forma de la anomalía geoquímica y su posible relación con los rasgos geológicos, en especial cuando estas anomalías presentan una elongación en una determinada orientación. En comparación al muestreo en superficie de suelos o roca, las muestras de sedimentos de arroyo presentan la particularidad de que la ubicación geográfica de la muestra no representa el espacio muestreado. Esta no representación espacial en la geoquímica de sedimentos conlleva que se presenta un desplazamiento en las anomalías al momento de utilizar los métodos de interpolación. En este trabajo se comparan técnicas de interpolación basadas en la geometría de las subcuencas de las muestras de sedimentos con la interpolación basada en la ubicación original de la muestra. Para desarrollar estas técnicas se utilizaron los datos de la carta geoquímica 1:250,000 Ciudad Delicias con clave H13-11. Para realizar la interpolación se trazaron las subcuencas de cada muestra, se reubicó la muestra de tal forma que tuviera una mejor representatividad espacial, se definieron dominios geoquímicos y se descartaron valores atípicos. El objetivo final de este estudio es realizar un análisis con la información geoquímica que existe en el área e indicar relaciones de los mapas de interpolación con distritos mineros conocidos y para definir blancos de exploración minera. Los resultados muestran una mayor relación entre la interpolación basada en subcuencas con los rasgos geológicos, que la interpolación basada en la ubicación geográfica de las muestras.

GEOQP-31 CARTEL

COMPARACIÓN DE TRES TÉCNICAS PARA DETERMINAR AZUFRE TOTAL EN RESIDUOS MINEROS DE ACUERDO A LA NOM-141-SEMARNAT-2003: IMPLICACIÓN AMBIENTAL

Flores Ocampo Itzamna Zaknite¹, Cenicerós Gómez Águeda Elena² y Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Facultad de Química, UNAM
zaknyocampo@gmail.com

La norma oficial mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003 establece el procedimiento para la disposición y caracterización de jales (residuos mineros), con el fin de

determinar su peligrosidad ambiental por el contenido de constituyentes tóxicos y su potencial para generar drenaje ácido. Una de las pruebas establecidas en la norma es la determinación del potencial de acidez, en esta prueba se calcula el azufre total (%S) y el azufre en forma de sulfatos (SO₄²⁻) para obtener por diferencia el sulfuro metálico (S₂⁻). Debido a que la presencia de sulfuros metálicos (S₂⁻) puede generar drenaje ácido es imprescindible que los laboratorios ambientales que determinan la cantidad de este elemento tengan resultados confiables, precisos, exactos y repetibles que sean veraces y válidos. En este trabajo se realizó la evaluación del método más adecuado para determinar azufre total (%S). Como en la norma no se especifica una metodología para obtener el azufre total, se eligieron los tres métodos más utilizados en laboratorios nacionales dedicados a la evaluación ambiental de residuos mineros y se realizó una comparación de dichos métodos, para obtener el más eficiente se consideró precisión, costo, tratamiento de muestra, sencillez del método y límites de detección de cada equipo. Las técnicas escogidas fueron: Fluorescencia de Rayos X (FRX) (técnica semicuantitativa), Espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (ICP) y Horno de inducción (HI) (técnicas cuantitativas). El límite de detección del ICP es de ppb, la FRX es de ppm y el HI es de ppm. Tanto el FRX como el HI son métodos sencillos y rápidos de implementar, sin tratamiento previo de la muestra, mientras que el ICP genera residuos y la muestra requiere un tratamiento previo. Las muestras elegidas para los ensayos fueron cinco jales mineros provenientes de Guerrero y Michoacán. Para cada ensayo se realizaron triplicados en las tres técnicas de azufre total, esto con el fin de obtener una estadística básica que nos ayudara a elegir el método más adecuado (promedio de concentración, desviación estándar), también se realizó una correlación entre los métodos para saber que datos eran los más comparables. De acuerdo con los resultados, utilizar la técnica de FRX significa obtener concentraciones aproximadas, mientras que usar la técnicas de ICP y HI arroja concentraciones mas exactas y precisas, pero tomando en cuenta la sencillez, costo y rapidez del método a implementar además de que no requiere un tratamiento previo de muestra y no se genera residuo, se concluye que la técnica más adecuada para realizar este estudio es a partir de HI. La importancia de este trabajo recae en definir la técnica más adecuada para calcular (%S) ya que el valor obtenido sirve para determinar la concentración de sulfuro metálico de una muestra y a partir de este valor se conoce si un residuo minero será generador de drenaje ácido o no, si este valor no es lo más exacto posible o está mal calculado entonces los resultados que arroje la estimación del producto de neutralización neto PNN serán erróneos y puede repercutir en un problema ambiental.

GEOQP-32 CARTEL

DESEMPEÑO DEL ESPECTRÓMETRO MULTICOLECTOR PARA GASES NOBLES NGX EN EL LABORATORIO INTERINSTITUCIONAL DE GEOCROLOGÍA DE ARGÓN (LIGAR) UNAM-CICESE

Orozco Esquivel María Teresa¹, López Martínez Margarita², Ferrarri Luca¹, Hernández Quevedo Gabriela¹ y Varden Chris³
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Departamento de Geología, CICESE
³Isotopx Ltd.
torozco@geociencias.unam.mx

El Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón (LIGAR) es un nuevo laboratorio conjunto de investigación y servicio del CICESE y la UNAM, instalado en el Centro de Geociencias, UNAM-Campus Juriquilla. Este laboratorio cuenta con instalaciones de última generación para el fechamiento de rocas y minerales por el método 40Ar/39Ar. El LIGAR está equipado con un espectrómetro de masas multicolector para gases nobles NGX (Isotopx, Ltd.), el cual 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 de iones. 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 a una línea de purificación del gas automatizada con dos condensadores en frío, dos "getters" SAES GP-50 St101, uno operando a 400°C y el segundo a temperatura ambiente, así como un sistema con reservorio y pipeta para aire. El espectrómetro tiene una sensibilidad de 0.002 amps/Torr y una resolución mísica de 313-350. Las cuentas del ruido de fondo del analizador en modo estático son bajas (2E-18 mol 36Ar) con una tasa de incremento de 1.2E-17 mol 40Ar/min. Los valores típicos de los blancos empleando láser son de 3.1E-18 mol para 36Ar y 2.5E-15 mol para 40Ar. Alícuotas de aire de 4.0E-12 mol 40Ar producen una señal de 6.3 V con una precisión de 0.003%, en Faradays con amplificador de 10E11 ohm, y 1.4E-15 mol 36Ar dan una señal de 0.020 V con una precisión de 0.14% en Faradays con amplificador de 10E12 ohm. Los primeros análisis se obtuvieron en diciembre de 2017 y a la fecha se han obtenido edades para 52 muestras de cristales individuales o múltiples usando dos distintas estrategias. Para muestras jóvenes o pobres en K, que requieren una determinación más precisa de 36Ar para resolver el 40Ar atmosférico del radiogénico, la masa 36 es medida en el multiplicador de iones y las masas 37 a 40 en Faradays 10E12 y se aplica un protocolo de intercalibración de detectores. Para rocas más antiguas y/o ricas en K se usan detectores Faraday para todas las masas. En ambos casos, se determinan blancos antes de cada medición de aire, estándar o muestra. Las señales medidas se corrigen por el ruido de fondo, blanco, fraccionamiento másico, decaimiento radiactivo y reacciones de interferencia. Para la reducción de datos y representación

gráfica de resultados se emplean los programas de cómputo NGX-red y AgeCalc desarrollados en el CICESE. A la fecha, con estos protocolos analíticos se han obtenido edades precisas y reproducibles para muestras del Pleistoceno medio al Eoceno, y la precisión se ha demostrado con la medición de estándares. Más información: www.geociencias.unam.mx/geociencias/laboratorios/ligar/ligar.html

GEOQP-33 CARTEL

INTERPRETACIÓN DE MAPAS GEOQUÍMICOS GENERADOS A PARTIR DEL ANALISIS DE MUESTRAS DE CARBÓN PERTENECIENTES A LA CUENCA CARBONÍFERA DEL ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO

García Sandoval Raymundo Rafael, Villarreal Pérez Zamira, Guajardo Lara
Juan José, Maldonado Castillo Julio Cesar y Ibarra Vázquez Jorge Alejandro
Universidad Autónoma de Coahuila; ESI-UAdeC.
raymundo970922@gmail.com

El presente trabajo se enfoca en la interpretación de planos generados a partir de los valores obtenidos de los análisis geoquímicos hechos a muestras de estudio, que corresponden a carbones pertenecientes a la cuenca carbonífera del estado de Coahuila, México. Con los valores obtenidos se generaron una serie de planos de isovalores, empleando el método geoestadístico de kriging ordinario, en conjunción con el programa ArcMap® 10, con el objetivo de determinar la distribución espacial y hacer una correlación de estos parámetros con la distribución espacial de los distintos grupos macérales, así como el registro de una base de datos para un sector de la Cuenca de Sabinas. Dichos mapas pueden ser utilizados como referencia para futuras investigaciones, partiendo de un previo conocimiento de algunas propiedades geoquímicas de las muestras colectadas en dicha área. Los mapas de isovalores, permiten observar el comportamiento de estos parámetros dentro de la cuenca carbonífera de estudio. Concluyendo que el uso de estos mapas nos permite identificar los posibles alineamientos en las propiedades geoquímicas, así como ubicar las zonas donde el carbón presenta una mayor maduración dentro del área de estudio. Así mismo se pretende llevar a cabo una relación del comportamiento de las propiedades antes mencionadas con la geología regional.

GEOQP-34 CARTEL

CARTOGRAFÍA PREDICTIVA MEDIANTE SIG DE LA CARTA OCAMPO 1:250000, ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO

García Rodríguez Habid, Ibarra Moreno Julio Antonio de Jesús,
González Martínez Leonela Aimee y Díaz Martínez Roberto
Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila.
myhabid@gmail.com

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación de la materia Metalogenia que cursan estudiantes del séptimo semestre de la carrera de Ingeniero geólogo de la Escuela superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos de la Universidad Autónoma de Coahuila. El objetivo principal del proyecto es la realización de un mapa predictivo que muestre la distribución espacial de un índice de favorabilidad de yacimiento. En el trabajo se realizó una investigación de los depósitos metálicos, de un área característica de la región noreste del país, esto mediante la información de datos geoquímicos de Au, Ag, Pb, Cu y Zn, minerales de importancia económica para México, así como datos geofísicos, dominios mineros, tectónicos y geomorfológicos, de la carta Ocampo 1:250 000, esto mediante un SIG (Sistemas de información geográfica) empleando herramientas como Arcgis y MaxEnt. Como resultado final de la investigación se hace la presentación de un mapa metalogénico de la zona estudiada, donde se presenta un mapa final con los aspectos a evaluar para la obtención de futuros yacimientos, así como también se presenta un mapa de índice de favorabilidad que muestra las áreas potencialmente prospectivas.

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizadores:

Luis Gallardo

Vlad Manea

MSG-1

DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO Y CÓMPUTO EN PARALELO APLICADOS A UN PROBLEMA DE FLUJO BIFÁSICO

Vera Norberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbrtr@gmail.com

Los Métodos de Descomposición de Dominio (MDD) y el cómputo en paralelo constituyen herramientas de gran utilidad para tratar problemas con un gran número de grados de libertad, permitiendo obtener soluciones aproximadas de tales problemas. El problema de flujo bifásico inmiscible-incompresible utilizando un enfoque mixto, un método de descomposición de dominio y considerando una geometría general 3D, pertenece a esta clase de problemas, con un gran número de grados de libertad asociados a los campos velocidad, presión y saturación de cada fase. En este trabajo se plantea el problema de flujo bifásico inmiscible-incompresible en términos de dos modelos mixtos acoplados velocidad total-presión global (u,p) y flujo de saturación-saturación (w,S). Se utiliza un Método de Descomposición de Dominio para replantear el problema original en términos de E subproblemas en E subdominios, para finalmente aplicar cómputo en paralelo y resolver cada uno de los E subproblemas utilizando E procesadores. Estos modelos son formulados variacionalmente para incorporar condiciones de transmisión, condiciones de frontera y condiciones iniciales. Se discretizan utilizando elemento finito mixto para obtener una solución aproximada del modelo matemático (u,p,w,S). Obtenida una solución aproximada del modelo matemático, se recuperan los campos físicos del problema, esto es, se obtiene una versión aproximada para la velocidad, presión y saturación de cada fase. Se muestra la evolución espacio-temporal del problema de flujo bifásico considerando una geometría general 3D.

MSG-2

MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO APLICADO A FLUJO SUBTERRÁNEO

Hernández García Guillermo de Jesús
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ghdez@geofisica.unam.mx

El DDM, método de descomposición de dominio, ha sido investigado recientemente por varios autores para problemas bidimensionales y tridimensionales elípticos y parabólicos. El DDM es una manera más eficaz de aplicar el procesamiento en paralelo a la solución de ecuaciones diferenciales parciales; este trabajo presenta un DDM no superpuesto: el DVS, 'espacio vectorial derivado', introducido recientemente por I. Herrera que provee un marco adecuado para el tratamiento unificado por el DDM no superpuesto de sistemas simétricos, no-simétricos e indefinidos. El DVS es un espacio lineal de dimensión finita, que es una realización de un espacio producto. Constituye un espacio de Hilbert con respecto a un producto interno definido independientemente de las ecuaciones diferenciales parciales para ser tratados. También es un escenario que existe por sí mismo independientemente de los problemas considerados y puede ser utilizado como un marco en el que cualquier problema puede ser definido y en su ámbito también puede ser tratado por cualquier método. Por lo tanto, el DVS es un escenario adecuado para el desarrollo de una teoría unificadora general del DDM no superpuesto. En ella, se pueden tratar sistemas no-simétricos e indefinidos. En el marco DVS cuando un método de discretización se aplica, el problema original se transforma en otro equivalente definido en el DVS, que es un espacio de producto, y todo el trabajo se lleva a cabo en él, y no como en otras formulaciones. La aplicación de este método y los diferentes métodos numéricos, al flujo en medios porosos, hace posible obtener una eficiente paralelización de la ecuación. Por otro lado, el movimiento tridimensional de agua subterránea de densidad constante en un medio poroso heterogéneo y anisotrópico es descrito por una ecuación diferencial parcial parabólica, cuya solución es resuelta por un código bien conocido. En este trabajo se propone aplicar DVS a la solución en paralelo de problemas de flujo.

MSG-3

ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA DINÁMICA DEL FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Rubio Arellano Ana Beatriz y Vázquez Báez Víctor Manuel
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería
ana.rubio@alumno.buap.mx

A partir de la generalización de la Ley de Darcy se construye un modelo numérico simple que involucra la dinámica del flujo de aguas subterráneas, basado en el Método de Diferencias Finitas (FDM), el cual se resuelve por medio de una solución de segundo y cuarto orden de aproximación. Se desarrolla una rutina computacional que resuelve la ecuación general que rige la dinámica de flujo subterráneo, en Python y Matlab. Se extiende dicho modelo para resolverse en un medio homogéneo e isotrópico (caso más idealizado) y medio homogéneo y anisotrópico (caso más real). Damos a conocer los fundamentos físicos del comportamiento de los parámetros geofísicos involucrados en el modelado, tal como

la conductividad hidráulica, homogeneidad y anisotropía del medio. Finalmente damos comentarios respecto a dificultades y retos de cómputo en la implementación de las técnicas numéricas de resolución de Ecuaciones Diferenciales Parciales.

MSG-4

INVERSIÓN 1D DE DATOS DE SEGUNDAS DIFERENCIAS DE POTENCIAL (SPD) EN RESISTIVIDAD Y PI PARA 2 FUENTES ENFOCADAS (FS) SUPERPUESTAS

López Aide¹ y Tejero Andrés²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad Nacional Autónoma de México
aideelg@gmail.com

Se propone la inversión de datos de resistividad y PI obtenidos de las SPD (segunda diferencias de potencial) empleando dos FS (fuentes enfocadas). Los datos sintéticos de SPD, se obtuvieron de las primeras diferencias del potencial a partir de dos datos contiguos calculados con un programa comercial. El concepto de fuentes enfocadas para datos de SPD, considera dos fuentes de corriente eléctrica en DC actuando simultáneamente por superposición, de modo que la fuente 1 (izquierda) se encuentra a una distancia simétrica con la fuente 2 (derecha), respecto al punto de observación del dato de SPD. Las respuestas de resistividad y cargabilidad de SPD primeramente se calculan para cada fuente; posteriormente se calculan la resistividad y cargabilidad de SPD para FS al aplicar el principio de superposición. El programa de inversión, invierte dichos datos con el método de cristalización simulada rápida. Los resultados 1D de cada perfil fueron graficados en pseudosección, mostrando que el programa es capaz de definir los cuerpos anómalos con respecto a una tierra estratificada. Sin embargo, dadas las características propias de la inversión 1D, los efectos por cambios laterales muestran la necesidad de desarrollar un programa de inversión 2D para datos de SPD para FS.

MSG-5

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS UTILIZANDO TEORÍA DE PROBLEMAS INVERSOS Y METAHEURÍSTICAS DE BÚSQUEDA PARA LA INVERSIÓN DE LAS ECUACIONES DE ZOEPPRITZ

Vargas Contreras Gerardo Alfredo y Almaguer Martínez Francisco Javier
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
galvac25@gmail.com

El reconocimiento de materiales y estructuras dentro de la Tierra es un problema que siempre ha permanecido presente tanto en la ciencia como en la industria. La sismica es una rama de la geofísica que ayuda en la caracterización y el análisis de la corteza terrestre, dentro de ella existen metodologías particulares utilizadas para el análisis de ciertas propiedades físicas que tienen los materiales del subsuelo, estos se conocen como atributos sísmicos, uno de ellos es el AVO (Amplitude Vs. Offset), que muestra el comportamiento de las amplitudes de onda que viajan a través de cuerpos con propiedades elásticas y la distancia entre la fuente y receptor. Este atributo se basa en las ecuaciones de Zoeppritz, que cuantifican directamente, para la interfaz entre dos medios, la relación entre las amplitudes de onda reflejadas y transmitidas en un material y tres propiedades físicas, que son: la densidad y dos velocidades, una para ondas P y otra para ondas S, que viajan a través de los medios. En el presente trabajo se busca resolver las ecuaciones de Zoeppritz de forma inversa utilizando programación evolutiva, para un experimento controlado, sin embargo, dado que este es un problema mal condicionado y posee múltiples soluciones, se busca acotar la cantidad de respuestas con ayuda de la teoría de problemas inversos y la información a priori, esto con el fin de estimar los parámetros geofísicos previamente mencionados para los diferentes cuerpos presentados por el modelo propuesto a partir de las amplitudes de onda.

MSG-6

MODELADO 3D DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE NATURAL EN MT

Cruz Hernández Favio y Gallardo Delgado Luis Alonso
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
fcruz@cicese.edu.mx

El método Magnetotelúrico (MT) es popular para estimar la conductividad eléctrica en el interior de la Tierra por la facilidad de medición de los campos electromagnéticos producidos por fuentes naturales en la superficie terrestre y la profundidad de exploración que puede alcanzar. El modelado directo 1D y 2D ha sido resuelto suficientemente en la literatura; pero ha probado ser inadecuado para terrenos donde existe una complejidad estructural como es el caso de zonas geotérmicas. Para el caso 3D, las primeras propuestas surgieron desde hace dos décadas; sin embargo su aplicación en algoritmos de inversión 3D es aún bastante restringida a sólo un par de softwares disponibles bajo licencias. Es importante proponer nuevas estrategias de modelado e inversión tridimensional de datos MT creadas ad-hoc para estudiar regiones estructurales complejas como aquellas de yacimientos mineros y campos geotérmicos. Una etapa importante en la solución

del problema inverso 3D de datos magnetotéluricos (MT) es resolver el modelado directo para simular correctamente la respuesta de los campos electromagnéticos en la superficie y a partir de ellos estimar la función de respuesta (tensor de impedancia). En esta plática, presentamos los primeros resultados de un algoritmo desarrollado en GNU FORTRAN que simula los campos electromagnéticos en el dominio de las frecuencias para calcular la función de respuesta magnetotélurica. El algoritmo numérico, resuelve la ecuación diferencial de segundo orden para campos eléctricos (ecuación de Helmholtz) utilizando un esquema de diferencias finitas. Las condiciones de contorno que incluimos son soluciones analíticas 1D y un procedimiento iterativo tipo Gauss-Seidel resuelve los campos eléctricos del sistema de ecuaciones a diferentes frecuencias. El algoritmo es validado utilizando modelos sintéticos reportados en la literatura. El algoritmo de modelado directo de MT será un resultado fundamental para diseñar un procedimiento de inversión 3D que pueda incluirse en esquemas de inversión conjunta con datos de sismica pasiva para prospectos geotérmicos.

MSG-7

INVERSIÓN 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
jcaldero@cicese.edu.mx

La información suministrada por los datos del Tensor de Gradiente de Gravedad con respecto a la proporcionada por la componente vertical de la gravedad es más completa y tiene una mejor resolución en profundidad de las densidades de las rocas. Esta importante característica ha permitido que los levantamientos Aéreos de Gradiente de Gravedad (Airborne Gravity Gradient, AGG) sean parte de las prospecciones geofísicas solicitadas con fines comerciales por las compañías mineras junto a los levantamientos aeromagnéticos y radiométricos. En la actualidad, aún es escaso el software de inversión desarrollado para el tratamiento de los datos de AGG con respecto a el desarrollado para la componente vertical; creando así un área de oportunidad para expandir nuestro entendimiento de este tipo de datos y las mejoras que proporcionan en la resolución 3D de objetivos 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 los gradientes conjugados. Este software fue aplicado a datos sintéticos generados para algunos ejemplos de cuerpos tridimensionales para explorar el poder de resolución de los diferentes componentes del Tensor de Gravedad y si verdaderamente es mejor que la componente vertical convencional.

MSG-8

INVERSIÓN CONJUNTA TRIDIMENSIONAL DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS AÉREOS Y AEROMAGNÉTICOS

León Sánchez Adrián Misael¹, Gallardo Delgado Luis Alonso¹, Gómez Treviño Enrique², Flores Luna Carlos Francisco² y Ley Cooper Alan Yusen²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
²Geoscience Australia
aleon@cicese.edu.mx

En años recientes, la interpretación de modelos del subsuelo generados a partir de la inversión conjunta de varios tipos de datos geofísicos se ha vuelto una práctica común. Sin embargo, esto es posible siempre y cuando los datos integrados en dichos esquemas tengan una resolución espacial similar. Por ejemplo, comúnmente asumimos que los datos aeromagnéticos (AM) se originan a profundidades de algunos kilómetros, mientras que las señales de los métodos electromagnéticos aéreos (EMA) solamente penetran algunos cientos de metros; generando así grupos de datos que podrían considerarse espacialmente incompatibles. Nosotros creemos que una fracción de ambos tipos de datos se generan en las mismas estructuras y que éstos pueden ser utilizados en esquemas de inversión conjunta. En este trabajo presentamos el marco teórico e implementación de un algoritmo de inversión conjunta tridimensional de datos EMA y AM. Dicho algoritmo utiliza la restricción de los gradientes cruzados para evaluar las similitudes estructurales que existen entre los modelos generados por ambos métodos. Para el modelado directo de los datos EMA hacemos uso de un modelado tridimensional basado en un esquema de discretización de diferencias finitas en el dominio del tiempo. Para el caso de los datos AM utilizamos una expresión del campo magnético producido por un prisma con magnetización uniforme. Al ser éste un problema de gran escala, recurrimos al método de gradientes conjugados no lineales, el cual es un método iterativo de solución de grandes sistemas de ecuaciones y no requiere de la inversión explícita de la matriz de sensibilidad.

MSG-9 CARTEL

APLICACIÓN DE UNA METAHEURÍSTICA PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS PETROFÍSICOS

Walle García Otoniel, Romero Oscar M., Méndez Delgado Sóstenes y Soto Villalobos Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
otoniel.walleaga@uanl.edu.mx

En este trabajo se utilizan modelos teóricos y empíricos para relacionar el comportamiento elástico (módulos de compresibilidad y de cizalla) de las rocas con sus propiedades petrofísicas (mineralogía, porosidad, saturación, presión, temperatura). Se presenta la inversión del modelo de Raymer-Dvorkin para la estimación de porosidad, saturación de agua y contenido de arcilla a partir de datos de densidad y velocidades de las ondas P y S. El modelo utilizado es un sistema de ecuaciones no lineales, por lo que se utilizará un método determinista clásico para resolverlo. El objetivo principal del trabajo es el diseño de un algoritmo de búsqueda basado en la evolución de las especies denominado Estrategias Evolutivas. Los resultados obtenidos se comparan con los de las metodologías clásicas de inversión, con el fin de indicar que los algoritmos metaheurísticos pueden presentar buenas soluciones en la inversión de parámetros petrofísicos.

MSG-10 CARTEL

FORMULACIÓN TEÓRICA DEL MODELADO 3D DE CAMPO ELÉCTRICO CON EFECTO DE POLARIZACIÓN INDUCIDA EMPLEANDO PERMITIVIDAD ELÉCTRICA DISPERSIVA

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 técnica de Polarización Inducida esta está basada en un fenómeno dispersivo en el que la conductividad varía en función de la frecuencia, éste fenómeno es bien representado empleando mecanismos de relajación planteados directamente en la frecuencia, razón por la cual, la técnica de PI generalmente se trabaja en dicho dominio. En este trabajo hemos desarrollado la teoría para implementar un nuevo modelo directo 3D en el dominio del tiempo para incorporar el fenómeno de polarización inducida en sondeos electromagnéticos. Nuestra metodología permite estimar valores de permitividad eléctrica en un lapso de tiempo empleando la función dieléctrica en las ecuaciones de Maxwell. Como resultado, obtenemos la ecuación de Helmholtz en términos de convoluciones, las cuales contienen los parámetros de polarización del medio. Para resolver estas convoluciones hemos desarrollado el concepto de variables de memoria para transformar la integral de convolución en una serie de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden en donde la historia de tiempo completa del campo eléctrico ya no es necesaria. Finalmente para probar nuestra formulación, estamos trabajando en implementar un esquema de solución numérica en diferencias finitas con mallado intercalado, para analizar el comportamiento del campo magnético con efecto de PI en medios heterogéneos.

MSG-11 CARTEL

TERRAWARE POTENTIAL: SOFTWARE DE GEOTEM INGENIERÍA PARA EL MODELADO E INVERSIÓN DE DATOS POTENCIALES. INCORPORANDO PROCESOS DE PROGRAMACIÓN EN PARALELO Y APROXIMACIONES NUMÉRICAS PARA INVERSIÓN CONJUNTA

Casas Colchado Juan Carlos¹, Sánchez Galindo Alfredo², Huante Arana Francisco² y Nieto Butron Mario Arturo²
¹Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
²Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
jcc.geotem@gmail.com

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 avances referidos a una segunda etapa de trabajo sobre el 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 (Simulated Annealing), los cuales permiten localizar soluciones óptimas encontrando mínimos globales en la solución propuesta, sin embargo, este algoritmo requiere muchos recursos computacionales y su implementación convencional en CPU es muy ineficiente. Con base en las herramientas tecnológicas descritas como High Performing Computer, se trabajó en buscar una manera más eficiente de aplicar este tipo de algoritmos, así como su generalización para llevar a cabo procesos de inversión conjunta restringida sobre datos magnéticos y de gravedad. 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. A través del flujo de proceso descrito se extrae lo mejor de cada arquitectura mejorando así la ejecución en todos niveles para un problema en específico

MSG-12 CARTEL

FOLLOWING LIQUID MIGRATION USING SMALL ANGLE SEISMIC SCATTERING

Ayala Cortez Solymar, Harder Steven H. y Velasco Aaron
University of Texas at El Paso, El Paso, TX, United States,
sayalacortez@miners.utep.edu

Traditionally, seismology has used derived information for analysis, such as travel times, of P-waves. We explore scattering as a means to improving images of the subsurface, explicitly applying this approach to fluid migration. We develop a methodology by using the wave field distortion of seismic waves before and after the liquid injection, using scattering theory as a theoretical foundation. Observationally, we use seismic arrays to analyze the wavefield distortions and thus to obtain a more effective image of fractures distribution and liquids during fluid migration processes. To test our methodology, we will create synthetic seismograms simulating an explosion on the surface of a 5-layer velocity model modifying the petrophysical properties and thickness of the last layer. We then use the continuous wavelet transform to obtain a band of frequencies of the seismograms, using Haar and Daubechies wavelets to analyze the synthetic signals before and after injection (simulated through a subtle change in the velocity model). We then will create seismic scattering profiles for every frequency appearing after the main phases on the wavefield; this consists of a graph showing seismic energy changes for different offsets and scattering angles. We will demonstrate that small angle scattering techniques used in materials sciences can be applied to small angle seismic scattering data recorded on dense seismic arrays to obtain the fluid propagation distance causing the wave field to fluctuate.

MSG-13 CARTEL

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA DE CAJITILÁN, JALISCO

Delgado Espinoza José Daniel y García Chan Néstor
Universidad de Guadalajara, UdeG
iq.daniel.delgado.1990@gmail.com

En este trabajo se realiza una simulación de la interacción entre el nivel de Oxígeno Disuelto (DO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) siendo estos los parámetros más utilizados para determinar la calidad del agua, el estudio se realiza en la Laguna de Cajitilán, Jalisco debido al hecho que se registra una gran mortalidad de peces reportada en notas periodísticas. Utilizando la solución numérica de un sistema en Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDPs), se busca entender el impacto de las descargas de aguas residuales como generador de un problema medioambiental y que sirva de ayuda en estrategias de recuperación en la calidad del agua.

MSG-14 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE PUNTUAL EN UN SISTEMA DE MODELADO DE ONDAS 2D ELÁSTICO GALERKIN DISCONTINUO

Silva Alberto¹, Sanabria Gómez Jose David² y Tago Pacheco Josué³
¹Universidad Industrial de Santander, UIS
²Universidad Industrial de Santander
³Universidad Nacional Autónoma de México
silva.a.l@gmail.com

En este trabajo es presentada la implementación de una fuente puntual en un esquema de modelado de onda elástica 2D Galerkin Discontinuo hp-adaptativo, sobre una malla tipo conforme y no estructurada de elementos triangulares, basado en flujos numéricos tipo centrados. Aplicaciones del método desarrollado al problema de Lamb fueron llevadas a cabo, como también comparaciones con el esquema DGCrack, en donde para este último se implementó un modelo de capa sobre semi-espacio. En ambos casos se hicieron pruebas cambiando el orden de aproximación de los polinomios. Se generaron sismogramas sintéticos variando la posición de la fuente dentro del elemento, en donde se observó mayor dispersión numérica en los resultados a medida que la fuente se aproximaba a un vértice o a la interfaz, por lo que se sugiere implementar un soporte espacial Gaussiano al rededor de la localización de la fuente.

MSG-15 CARTEL

MODELO DE REGRESIÓN POLINOMIAL APLICADO A LA RELACIÓN PRODUCCIÓN VS RESERVAS DE PETRÓLEO EN MÉXICO, CONSIDERANDO CUATRO BASES DE DATOS DE DIFERENTES FUENTES

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Cano Ayora Víctor, Meléndez Arvizu Luis José, Milacatl Morales Miguel Eli, Morales Montalvo Sebastian, Vázquez Sánchez Raúl, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz José Francisco y Mejía Pérez José Alfredo
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
jose.gogu@gmail.com

En el presente trabajo se muestran los resultados de un análisis sobre las reservas petrolíferas en México. Dicho análisis se basa en la estimación probabilística de los datos de producción y reservas del periodo comprendido entre los años 1979 - 2016, obtenidos de cuatro fuentes; Petróleos Mexicanos (PEMEX), British Petroleum (BP), The Energy Information Administration (EIA) y ECOPETROL. Con base en esto, se compararon las distintas bases de datos de cada empresa y al procesar los datos conforme al método estadístico de regresión polinomial se encontró una discrepancia conforme a la relación reservas vs producción; esta variación surge principalmente en los datos de Petróleos Mexicanos (PEMEX), ya que las otras empresas llegan a coincidir en la mayoría de los años. Esta información se utilizó posteriormente para que los datos fueran extrapolados y se realizó una proyección hasta el año 2045, para determinar el posible colapso de la sostenible económica mexicana en términos de petróleo; así mismo, se compararon las proyecciones de las cuatro fuentes utilizadas. Los resultados estiman un punto crítico en el sector petrolero a partir del año 2030, coincidiendo en un colapso total entre los años 2035 y 2040.

MSG-16 CARTEL

SENSIBILIDAD DE CINCO ARREGLOS ELECTRÓDICOS A LOS PARÁMETROS DE UN CUERPO AISLADO 3D EN TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Aguilar Cruz Félix y Flores Luna Carlos Francisco
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, CICESE
faguilar@cicese.edu.mx

El uso de levantamientos multi-electródicos para realizar tomografía de resistividad eléctrica se ha incrementado en los últimos años. Una pregunta que frecuentemente se plantea el geofísico es: ¿Qué arreglo electródico es el de mayor poder resolutivo? En este trabajo se analizan las sensibilidades y resoluciones de las resistividades aparentes de cinco arreglos electródicos colineales (dipolo-dipolo, Schlumberger, Wenner, polo-dipolo y polo-polo) a los parámetros de un cuerpo prismático 3D inmerso en un semiespacio homogéneo de resistividad #1. El cuerpo anómalo tiene cinco parámetros: profundidad a la cima (D), longitud (W), anchura (A), grosor (G) y resistividad (#2). La sensibilidad, que es la derivada de la resistividad aparente respecto a uno de los parámetros del modelo, es multiplicada por el respectivo parámetro y normalizada por el error en la resistividad aparente. Esto hace que se puedan comparar directamente las sensibilidades de diferentes parámetros. Las derivadas se estiman con diferencia finita hacia delante, perturbando una pequeña cantidad cada uno de los parámetros del modelo y calculando sus respuestas con un algoritmo de ecuación integral de superficie. En vez de suponer un error porcentual uniforme en las resistividades aparentes, se considera que los voltajes pequeños están más afectados por el ruido que los voltajes grandes, suponiendo que parte del ruido en los voltajes se comporta como una ley de potencia. Como ley de potencia se tomó un promedio de las estimaciones presentadas por Zhou y Dahlin (2003). Se analizan dos tipos de tendidos electródicos. En el Tendido 1 se considera el mismo número de resistividades aparentes para cada uno de los cinco arreglos; en el Tendido 2 la distancia entre los electrodos más separados es la variable que se mantiene constante. Este último tendido simula la situación de campo de levantamientos de tomografía con equipos multi-electródicos. En la mayoría de los casos en ambos tendidos el parámetro más sensible es la profundidad a la cima del cuerpo (D) y el menos sensible es el espesor (T). En el Tendido 1 el orden de sensibilidad de los arreglos es, de mayor a menor: Wenner, polo-polo, Schlumberger, dipolo-dipolo y polo-dipolo. Numéricamente el arreglo polo-polo se simula simplemente ignorando los dos electrodos al infinito. En la práctica de campo estos dos electrodos son colocados a una distancia grande de la zona de estudio, lo cual fue simulado en los experimentos numéricos.

MSG-17 CARTEL

MODELADO DE LA RESPUESTA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE UN CASO DE GEOMETRÍA REGULAR DE ESTRUCTURAS 3D, USANDO FUNCIONES DE GREEN

Hernández Contreras Héctor Octavio Augusto y Flores Márquez Elsa Leticia
Instituto de Geofísica UNAM
h_octavio_augusto@hotmail.com

Existen, en la interpretación de información geoelectrónica, diferentes métodos para reconstruir la respuesta de resistividad aparente dado un modelo o una serie de datos sintéticos, es decir, un modelado directo. Estos métodos consisten en resolver

la ecuación de Poisson que es una ecuación diferencial parcial (PDE), esta PDE usualmente se resuelve mediante los métodos de diferencias finitas, elemento finito o ecuaciones integrales. Una limitante importante en los métodos integrales es la complejidad del medio y la geometría de los cuerpos que se encuentran en ese medio. Para reducir este problema se propone una hipótesis acerca de la interacción de estos cuerpos con el medio como es el Weak Scattering (Eskola, 1992), o dispersión débil en la cual se desprecian las corrientes secundarias generadas en los cuerpos debido a la presencia del campo principal. En este trabajo se emplea el método propuesto por Hvozدارa y kaikkonen (1998), que consiste en interpretar la respuesta de un cuerpo de conductividad no uniforme en un semi-espacio homogéneo bajo el supuesto que el medio presenta dispersión débil. Aplicando las funciones de Green para resolver la EDP de Poisson con condiciones de frontera, se puede generar un algoritmo que reproduzca la respuesta eléctrica del subsuelo mediante el modelado directo.

MSG-18 CARTEL

MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE NITRATOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL SUR-PONIENTE DEL ACUÍFERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Galán Breth Rosa Iris¹ y Herrera Zamarrón Graciela²

¹Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM
rosgalanb@gmail.com

El presente trabajo tuvo como objetivo el determinar las fuentes de nitratos en la zona sur poniente del acuífero de la Ciudad de México. Para ello se retomó el modelo en MODFLOW de la tesis de Jorge López (2014), a su vez basado en un modelo desarrollado anteriormente en el Instituto de Geofísica (¿año?) y luego actualizado por el IMTA (2006), el cual considera a los acuíferos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Texcoco y Chalco. El modelo inicial consta de 3 capas, no obstante, para fines del presente trabajo la capa que corresponde al acuífero principal (capa 2) se dividió en 4 capas para observar la distribución del soluto en la columna de agua. Además, se retiró la capa 3 debido a que su participación en el funcionamiento del acuífero principal es poco significativa. Para la ejecución del modelo se utilizó MODFLOW, por medio de la interfaz gráfica ModelMuse. Se utilizó UCODE para evaluar el ajuste del modelo, hacer análisis de sensibilidad y aplicar demás herramientas estadísticas para lograr una óptima calibración. De acuerdo a la literatura se determinaron las fuentes potenciales de nitratos en la zona, y se estimó la posible carga de nitrato de cada una utilizando datos de uso de suelo, población, agricultura y ganadería. Esta información, y demás información hidrogeológica, se sumó al modelo de flujo para construir el modelo de transporte de solutos de nitratos, el cual se resolvió utilizando el software MT3D. La determinación de las fuentes fue a partir de la simulación de diversos escenarios, esto para deslucrar cuál de ellos se asemeja más con las concentraciones de nitratos que se tienen registradas en la zona del año 2010 al 2013.

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores:

Cecilia Enríquez Ortiz
Xavier Chiappa Carrara
Héctor García
Manuel Verduzco

OCC-1 PLÁTICA INVITADA

ALTIMETRÍA SATELITAL Y SU APLICACIÓN EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Trasviña Castro Armando

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
trasvi@cicese.mx

La altimetría satelital es una herramienta que se usa tradicionalmente para estimar la circulación de meso y gran escala lejos de la costa. Allí la metodología es muy confiable y los mapas de circulación muestran con fidelidad las características de las corrientes de gran escala, moduladas por giros de mesoescala. En la franja de 50 km cerca de la costa la situación es distinta. Allí la respuesta del pulso de radar es contaminada por la presencia de tierra. Y esto es especialmente grave en regiones como el Mar Caribe o el Mediterráneo donde la densidad de islas es grande. Para esta franja costera se han reprocesado los datos altimétricos y existen nuevos productos. Este trabajo presenta un panorama general de las alternativas que existen actualmente para usar altimetría en la zona costera. Además presentaremos resultados de trabajos realizados en la costa del Pacífico Mexicano, desde el Golfo de Tehuantepec hasta la costa occidental de Baja California. La validación con observaciones de corrientes y de nivel del mar muestra que es posible usar altimetría costera no solo para entender la variación estacional de la corriente promedio, sino también para medir la influencia de remolinos y filamentos en ese flujo medio.

OCC-2

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA CIRCULACIÓN EN LA BAHÍA DE CAMPECHEMejía González Uriel Jesús¹, Tanahara Sorayda¹, Martínez Alcalá José Antonio¹, Hernández Ayón José Martín², Martín-Atienza Beatriz² y Castro Valdez Rubén¹¹Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas²Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas
umejia@uabc.edu.mx

Estudios previos en el Golfo de Campeche (GC) han reportado la predominancia de una circulación ciclónica en la región. La permanencia del ciclón en el GC se asocia al esfuerzo del viento, sin embargo, hay evidencia que otros procesos, como la interacción con remolinos anticiclónicos que se desprenden de la Corriente de Lazo y la interacción con la topografía de la región influyen en la intensidad y posición del mismo. También hay evidencia que el remolino ciclónico se extiende hasta aguas profundas (~1000 m). En el presente trabajo se utiliza el modelo ROMS-Agrif (Regional Ocean Modeling Systems) con resolución horizontal de 1/27° (~4 km) y 48 niveles sigma en la vertical para caracterizar la circulación superficial 3D en la región. Los resultados muestran una circulación ciclónica la mayor parte del año, cualitativa y cuantitativamente acorde con las observaciones. En promedio, en el noreste de la bahía se observa una circulación ciclónica profunda (>1200 m). La mayor varianza se observa al norte de la bahía, asociada al arribo de remolinos anticiclónicos y a una corriente con dirección oeste en el noreste de la cuenca. En primavera y verano se distingue una corriente costera intensa con dirección hacia el norte, asociada al patrón de vientos de la región.

OCC-3

DISTRIBUCIÓN DE CLOROFILA “A”, NUTRIENTES, TEMPERATURA Y SALINIDAD EN LA ZONA COSTERA DEL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO

Pérez Canché Jorge Alberto

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, EPOMEX
jorge.perez_ad@hotmail.com

La economía basada en los recursos marinos está relacionada íntimamente con la producción primaria, sin embargo un exceso de dicha producción primaria puede ocasionar problemas en el sector salud debido a los florecimientos algales nocivos y otro procesos de eutrofización, ante ello es de gran importancia el conocer la distribución ciertas variables como son: temperatura, salinidad, nutrientes (NO₃, NO₂, NH₄, NT, PT Y Si₄), Clorofila “a” y la cantidad y calidad de luz; que ayudan a indicar el grado de productividad de ciertas zonas costeras-marinas, así como también la información del estado de salud del ecosistema marino. El estado de Campeche se localiza al oeste de la Península de Yucatán, su costa está situada sobre una de las plataformas continentales más extensas de México, con baja profundidad (debajo de los 20 m en los primeros 30 km), permitiendo una alta penetración de la radiación de luz solar que brinda las condiciones adecuadas para el crecimiento de pasto marino, otorgando al medio altas concentraciones de nutrientes y carbono haciendo que esta sea un área donde la productividad primaria sea muy alta en comparación a otras zonas del golfo de México. A nuestro conocimiento, no existen estudios donde se analice la distribución y concentración espacial de la Clorofila “a”, Nutrientes (NO₃, NO₂, NH₄, NT, PT Y Si₄), Temperatura y Salinidad en dicha región, ante ello se realiza el presente trabajo. Para dicha investigación se crea un área de estudio estratégica que cubre toda la zona costera-marina del estado de Campeche, hasta 30 km mar adentro con un total de 109 puntos de muestreo, de los cuales de forma alterna se colectan 90 muestras de agua de mar para analizar de manera in situ las variables de clorofila y nutrientes durante el periodo de Octubre

2017 hasta la fecha. Los datos clorofila “a” obtenidos in situ se compararan con los datos registrados por el espectrorradiómetro MODIS instalado en la plataforma satelital AQUA de la NASA, para las fechas de muestreo, con la finalidad de evaluar la sensibilidad de los datos de satélite, y con ello poder analizar el comportamiento espacio-temporal de clorofila “a” del periodo 2002 al 2018, lo cual permitirá tener una distribución promedio durante las diversas estaciones anuales para la zona costera del Estado de Campeche. Con los datos de los diversos Nutrientes, Temperatura y Salinidad durante el periodo anual 2017-2018, se evaluará la existencia de alguna relación entre clorofila “a” con la finalidad de estimar y caracterizar de manera general el comportamiento de dichas variables durante las diversas estaciones anuales para la zona costera del estado de Campeche. Para la determinación de clorofila “a” in situ se utiliza la técnica Strickland y Parson, para la determinación de Salinidad y Temperatura se utilizará un CTD, y para la determinación de Nutrientes (NO₃, NO₂, NH₄, NT, PT Y Si₄) se utilizarán los métodos químicos estándar para el monitoreo ambiental marino evaluados y propuestos por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente en 199.1

OCC-4

INFLUENCIA DEL MAR EN UN ACUÍFERO KÁRSTICO AL NOROESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Núñez Fernández Tihui y Mariño Tapia Ismael

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV
tihui.nunez@cinvestav.mx

A partir de variaciones del nivel freático medidas en un pozo a 15 km de la costa noroeste de la Península de Yucatán (Celestún), se detectó la presencia de influencia marina en el periodo comprendido entre 24 de Mayo y 6 de Julio 2012. Esto indica una respuesta regional del acuífero kárstico al forzamiento de la marea principalmente ya que no se registra presencia significativa de precipitación en la estación meteorológica ubicada en Celestún. A la señal de presión registrada en el pozo, se le restó el efecto de la presión barométrica para obtener la variabilidad de la columna de agua. La señal de marea obtenida del mareógrafo y la señal de nivel de agua en el pozo se analizan mediante el poder espectral, donde se observa en ambos casos, picos de energía en frecuencias diurnas, semidiurnas y de baja frecuencia (~21 días). Al restar ambos espectros y conocer su porcentaje, se obtiene los valores de atenuación para estas frecuencias, siendo de 53 % para los 21 días, de 82 % en la frecuencia diurna y de 89 % para frecuencias semidiurnas. Esto indica que oscilaciones de baja frecuencia (submareales o estacionales) pueden propagarse a mayores distancias, lo que puede influenciar incluso la intrusión salina, como menciona Vera (2012). Respecto a la intrusión salina se obtuvieron perfiles de CTD de pozos de CONAGUA, donde a 6.5 km de distancia de la costa se registraron 50.5 mS/cm a 40 m de profundidad, a 13 km 52.5 mS/cm (41 m) y a 51 km agua salobre (21.4 mS/cm) a 45 m de profundidad, lo que indica que aunque la señal de marea se atenúe conforme se aleje a la costa tierra adentro, a mayor profundidad el lente de agua marina tiene mayor penetración.

OCC-5

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DINÁMICA LITORAL A LO LARGO DE LA COSTA DE YUCATÁN

Carrillo Oswaldo, Appendini Christian y Meza-Padilla José Rafael

Instituto de Ingeniería-UNAM, II-UNAM
ocarrillor@iingen.unam.mx

La costa de Yucatán se caracteriza por una tasa de retroceso anual de 0.5 a 1.0 m debido a su marcado transporte sedimentario en dirección oeste. En un intento de evitar esta erosión se han implementado estructuras, las cuales han interferido con los procesos costeros y en la mayoría de los casos han resultado contraproducentes. El análisis del clima de oleaje, junto con los patrones de viento y la orientación de la costa, permite una mejor toma de decisiones sobre las acciones para mitigar erosión de las playas. Sin embargo, bajo un contexto de cambio climático, los patrones de viento pueden cambiar, generando nuevos patrones de dinámica litoral. Así, las acciones de mitigación a la erosión deben contemplar estos posibles cambios, a fin de tener éxito a largo plazo. De lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del cambio climático sobre la dinámica litoral de la costa de Yucatán. Para cumplir con ello se realizó una caracterización regional del transporte de sedimentos para el clima presente y futuro. Para representar el clima presente se utilizaron datos históricos de oleaje y para el clima futuro se utilizaron datos de oleaje a partir del escenario RCP 8.5 del modelo del CMIP5 CNRM-M5. A su vez se tomaron 26 perfiles de playa a lo largo de la Costa de Yucatán en épocas de verano e invierno, así como las propiedades de sus sedimentos. Con base a los perfiles y el tamaño de grano, se estudió el comportamiento del transporte litoral a fin de seleccionar un perfil y tamaño de grano característicos para la zona. Posteriormente se utilizó el clima medio del oleaje para determinar el transporte longitudinal de sedimentos mediante el modelo LITDRIFT, siguiendo la metodología propuesta por Appendini (2012). El clima presente mostró tasas de transporte sedimentario anual desde 15,000 m³ (Celestún) hasta 78,000 m³ (Tizimin). Esta metodología se aplicó con las condiciones establecidas por el escenario RCP 8.5 (clima futuro) y se determinaron los cambios posibles en las tasas de transporte debido al calentamiento global.

OCC-6

ESTRUCTURA TERMOHALINA EN DICIEMBRE EN LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S.Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño Rodríguez Juan Heberto² y Jiménez-Illescas Ángel Rafael¹¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional²Instituto Oceanográfico de la Universidad de Colima
mniebla@ipn.mx

Se describe la distribución termohalina en la ensenada, durante diciembre de 2016 (ocaso del otoño) en condiciones de una (Niña-débil). La estructura vertical de la salinidad se puede apreciar mezclada con los valores máximos en la cabecera, entre tanto los valores mínimos se obtuvieron en la zona de la boca y el canal principal. Superficialmente la salinidad se incrementa desde la boca (35.2 gkg-1) hacia la cabecera (36.7 gkg-1). La temperatura muestra una columna bien mezclada con los valores máximos en la boca, mientras que los valores mínimos se registraron en la cabecera, superficialmente la temperatura disminuye desde la boca (23.8 °C) hacia la cabecera (20.6 °C). La ensenada se pudo apreciar más densa en la cabecera y menos densa en la boca, completamente mezclada la columna del agua y superficialmente el valor máximo se localizó en la cabecera (25.7 unidades de sigma-t), con una disminución gradual hacia la boca con un valor mínimo de (23.8 unidades de sigma-t). En este cuerpo de agua el comportamiento de la densidad responde al efecto combinado de la temperatura y la salinidad, dado que en la cabecera se registró una mayor salinidad y una menor temperatura, lo que dio origen a una mayor densidad. La ensenada según la estructura termohalina se puede separar en dos grandes regiones: la boca con la zona del canal principal (comunicación con la Bahía de La Paz) y la cabecera con una amplia zona de inundación muy somera. Se muestra también un gradiente superficial importante en temperatura, salinidad y densidad entre la cabecera y el canal principal.

OCC-7

CARACTERIZACIÓN DE PATRONES DE CORRIENTES COSTERAS ASOCIADOS A DIFERENTES EVENTOS DE SANTA ANA EN BAHÍA TODOS SANTOS (B. C.)Romero Arteaga Angélica María¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia² y Rivas David²¹Universidad Autónoma de Baja California²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
a.romeroart@uabc.edu.mx

Los vientos de Santa Ana (SA) son tormentas de polvo provenientes del este y noreste con humedad relativa menor al 40% y que se dirigen de tierra a mar. Este estudio determina cuatro categorías de eventos de SA en la Bahía Todos Santos (BTS), Baja California, utilizando la rapidez del viento, temperatura y extensión del sistema de alta presión ubicado entre Sierra Nevada y las montañas Rocosas. Después de categorizar los SA, se analiza su influencia espacial sobre las corrientes costeras en BTS durante un periodo de 4 años (octubre 2013 a octubre 2017). Para este propósito, se utilizan mediciones de corrientes obtenidas con un perfilador acústico Doppler ubicado a 20 m de profundidad y las salidas de un modelo oceánico tridimensional de alta resolución. Las mediciones de campo indican que durante eventos de SA con magnitudes de viento de entre 4 y 6 ms-1 y duración mínima de 2 días la dirección principal de los flujos en superficie es hacia el suroeste y en el resto de la columna de agua hacia el noreste. Durante eventos de SA débiles (2 a 3 ms-1) o intensos (8 a 10 ms-1) pero de menor duración (1 día) el patrón de corrientes superficial es hacia el suroeste, mientras que el resto de la columna de agua no se ve afectada. Los resultados numéricos mostrarán la influencia espacial de los diferentes SA sobre las corrientes en toda la extensión de BTS. Este estudio contribuirá a un mejor entendimiento de la influencia de los diferentes tipos de SA sobre las corrientes costeras.

OCC-8

RESPUESTA DEL NIVEL DEL AGUA A LOS FRENTE FRÍOS Y CICLONES EN UN ESTUARIO TROPICAL DEL GOLFO DE MÉXICOAparco Lara Jonathan¹, Gómez Valdés José² y Tenorio Fernández Leonardo³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE³CICIMAR

aparco@cicese.edu.mx

Estudios sobre la respuesta del nivel del agua a eventos extremos en estuarios tropicales se han incrementado recientemente debido a la necesidad de valorar los efectos del cambio climático en cuerpos de agua costeros. En este trabajo se utilizó un año de observaciones del nivel del agua en un estuario tropical del Golfo de México (GoM) para estudiar su respuesta a los frentes fríos y ciclones. Ondeletas cruzadas fueron utilizadas para determinar las relaciones entre los vientos, el gasto del río y el nivel del agua. Encontramos que los vientos de los frentes fríos y el nivel del agua estuvieron correlacionados en la banda espectral entre los 2 y 16 días, mientras que el gasto del río y el nivel del agua estuvieron correlacionados en la banda espectral de 10 y 64 días, donde las variaciones del gasto del río respondieron a los ciclones. Efectos locales y remotos fueron analizados durante la temporada de

mayor actividad de los frentes. La diferencia del nivel del agua entre estaciones de medición mostró el efecto local que fue bien reproducido por un balance de fuerzas en el que el esfuerzo de fondo fue significativo. La influencia remota del GoM en el estuario inducida por los frentes fue confirmada mediante el análisis de funciones ortogonales empíricas de la altura geopotencial a 1000 mb.

OCC-9

PLUMA DEL RÍO SANTIAGO, EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL A PARTIR DE DATOS SATELITALESRomero Rodríguez Deisy Alejandra¹, Cepeda Morales Jushiro² y Rivera Caicedo Juan Pablo³¹Universidad Autónoma de Nayarit, UAN²Unidad Especializada en Percepción Remota Satelital de Ecosistemas Costeros y Oceánicos. Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología³CONACYT-UAN, Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo, C.P.: 63150, Tepic, Nayarit, México
deisy.romero@uan.edu.mx

La desembocadura del río Santiago se encuentra en la costa del estado de Nayarit, una de las regiones pesqueras más importantes del país. Sin embargo, la cuenca de este río ha sido fuertemente explotada durante el último siglo, debido al crecimiento de la agricultura y la construcción de infraestructura energética. Por lo tanto, es importante identificar cuál es el papel de las descargas del río Santiago en la fertilización del agua costera en Nayarit. Para ello, se analizaron algunas variables que modulan el desarrollo de la pluma del río: precipitación, caudal y vientos, y otras que indican la respuesta biológica del medio marino frente a las descargas del río Santiago. Estas últimas variables se analizaron a través de datos satelitales (2003-2017) de reflectancia del agua en las longitudes de onda 412, 443 nm y 555 nm del sensor MODIS-Aqua, e imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) del proyecto GHRSSST, 1 km de resolución espacial. A partir del análisis de las series, se identificó que el caudal presentó una distribución monomodal, correspondiente con el patrón de precipitación que es máxima de junio a octubre. Uno de los resultados mostró que, en los meses de invierno, hubo una acumulación de agua con alta carga de sedimentos hacia el borde costero, por acción de los vientos; mientras que la presencia de pigmentos de clorofila y materia orgánica fue relativamente baja. Por su parte, en los meses de verano, la mayor parte del área de estudio presentó altas reflectancias por sedimentos y a su vez alta absorción de la luz por pigmentos del fitoplancton y materia orgánica en los alrededores de la desembocadura del río Santiago. Se destaca que, sobre la pluma del río, la concentración de clorofila fue baja, probablemente porque la descarga del río que aporta alta carga de sedimentos impide la penetración de la luz en la columna de agua. Se concluye que la estacionalidad de las aguas eutrofizadas en la costa de Nayarit no presenta una señal únicamente anual como ha sido típicamente descrito, sino bimodal. El análisis interanual permitió identificar un posible rezago en la respuesta de El Niño Oscilación del Sur. Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación permitan avanzar en la comprensión de las interacciones que se presentan entre las cuentas costeras y el océano, y que resultan de vital importancia para la conservación de los recursos marinos.

OCC-10

EVALUACIÓN DE MODELOS SEMI-ANALÍTICOS PARA DETERMINAR LOS COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE LUZ POR EL MATERIAL PARTICULADO Y DISUELTO MEDIANTE SENSORES REMOTOS EN AGUAS ÓPTICAMENTE COMPLEJAS DEL GOLFO DE CALIFORNIAGonzález Silvera Adriana¹, Betancur Turizo Stella² y Santamaría del Ángel Eduardo¹¹Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas²Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Colombia
adriana.gonzalez@uabc.edu.mx

En este trabajo se evaluaron dos modelos semi-analíticos (GIOP y GSM) que permiten calcular el coeficiente de absorción de luz por el fitoplancton (aph) y por el material detrítico y la materia orgánica disuelta (adg) en una región caracterizada por aguas ópticamente complejas, el Alto Golfo de California (AGC) y el Norte del Golfo de California (NGC). Para esto se utilizaron datos de cuatro cruceros oceanográficos realizados entre primavera y verano (marzo a septiembre) entre el 2011 y el 2013. Así mismo, se utilizaron datos provenientes del sensor MODIS/Aqua (NASA) procesados a 1 km de resolución espacial. Se observó que el modelo GIOP tiene mayor precisión para estimar aph independiente de la región. Por otro lado, ambos modelos subestiman aph en el NGC mientras que ambos lo sobrestiman en el AGC. Los errores asociados a cada modelo fueron relacionados a (1) a una constante asumida en 0.055 m²/mg Cla, la cual es superior a los valores observados en los datos in situ, y (2) a una sobrestimación de la concentración de clorofila-a por los satélites. Así mismo, GIOP realizó mejores estimaciones de adg que el modelo GSM, en especial en el NGC. Nuevamente, se observa que los errores están asociados al uso de constantes que no representan la variabilidad de los datos in situ. En conclusión, se recomienda el uso del modelo GIOP para representar aph en el área de estudio, mientras que la estimación de adg presenta errores muy altos en especial en el AGC y el uso de ambos modelos debe ser evaluada con más atención.

OCC-11 PLÁTICA INVITADA

CONTROLES FÍSICOS, BIOGEOQUÍMICOS Y ACUÍCOLAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO EN LAGUNAS COSTERAS: BAHÍA SAN QUINTÍN COMO CASO DE ESTUDIO

Camacho-Ibar Víctor F., Sandoval Gil José Miguel, Hernández López Julieta, Macías Tapia Alfonso, Lee Sánchez Erika, Vidal Nieves Carlos y Mejía Trejo Adán
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 vcamacho@uabc.edu.mx

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para todos los organismos vivos y en la mayoría de los ecosistemas costeros someros puede ser limitante para el crecimiento de los productores primarios. El ciclo de este elemento ha sido alterado a nivel global por aportes excesivos asociados con diferentes actividades antropogénicas incluyendo la agricultura y la acuicultura, induciendo en algunos ecosistemas costeros cambios en su estructura y funcionamiento asociados con la eutrofización. El entendimiento del funcionamiento de los ecosistemas costeros para su uso sostenible, requiere de estudios multidisciplinarios. En esta plática se presentarán resultados de estudios realizados en Bahía San Quintín, una laguna costera del noroeste de México, con el objetivo de entender el ciclo del nitrógeno. Se presentarán evidencias de cómo los procesos físicos como las surgencias costeras y las mareas modulan la variación temporal y espacial de las concentraciones de nitrato a lo largo de la laguna, en escalas desde pocas horas hasta variaciones entre años. Se presentarán resultados de experimentos de asimilación de N por pastos marinos asimilan y de cómo estos incorporan diferentes especies químicas y tienen la capacidad de amortiguar los aportes de amonio asociados con la excreción de los ostiones en los cultivos. Se discutirá como el estudio de la composición isotópica del N en tejidos de pastos marinos y macroalgas recolectados a lo largo de la laguna reflejan no solo las fuentes de N inorgánico de las que dependen, sino también reflejan procesos biogeoquímicos del ciclo del N como la desnitrificación y la fijación de N₂ que ocurren principalmente en los sedimentos y cuyas tasas fueron estimadas con mediciones directas. Finalmente se harán algunas reflexiones sobre las necesidades de investigación en este tema en México.

OCC-12

INFLUENCIA DE VIENTO Y MAREA EN LA HIDRODINAMICA LAGUNAS COSTERAS SOMERAS CON POTENCIAL PARA EXTRACCIÓN DE ENERGÍA

Polanco Arias Claudia¹, Mariño Tapia Ismael² y Enríquez Ortiz Cecilia²
¹CINVESTAV-Unidad Mérida
²UNAM-Unidad Sisal
 polancocla@yahoo.com

Este estudio se enfoca en la influencia del viento y la marea en la hidrodinámica de la laguna costera de Telchac, Yucatán. El sitio es muy somero ($z < 1\text{m}$) y está rodeado por manglares, lo cual hace que sea un sistema altamente friccional. Datos de niveles de agua recolectados en la laguna durante el verano del 2009 muestran la atenuación de la señal de marea en la cabeza de la laguna excepto durante la última semana en la cual se observó una amplificación de ésta entre 16 y 33% en comparación con los niveles en la boca. Análisis de los datos muestran que estas amplificaciones ocurren principalmente en frecuencias diurnas, lo que refuerza la hipótesis de que pueden ser causadas por sincronización entre la brisa marina y la marea predominantemente diurna. Para ver bajo qué condiciones pueden producirse estas amplificaciones dentro de la laguna, se realizaron simulaciones numéricas utilizando el modelo Delft3D con diferentes forzamientos, tanto reales y sintéticos, de viento y la marea, las cuales arrojaron resultados que muestran que bajo ciertas combinaciones de viento y marea existen amplificaciones dentro del cuerpo de agua, además de mostrar que el viento variable (brisas) juega un papel principal en este hecho ya que incluso en el caso ficticio de ausencia de marea es capaz de producir éstas amplificaciones. Las mediciones de velocidad en la boca de este sistema muestran valores $> 1\text{ m/s}$, lo que haría la laguna un buen candidato para explotación de energía por corrientes de marea. Esta investigación presentará resultados del efecto que produciría la instalación de turbinas capaces de extraer energía en la hidrodinámica de la laguna.

OCC-13

INTERCAMBIO DE FLUJOS TERMOHALINOS EN EL SISTEMA LAGUNAR DE RÍO LAGARTOS, YUCATÁN

Aragón González Jesús¹, Enríquez Ortiz Cecilia¹, Reyes Mendoza Oscar² y Robles Camacho Javier²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro de Investigación y Estudios Avanzados, CINVESTAV
 jag.oceanologia@gmail.com

El Sistema Lagunar de Río Lagartos ubicado al norte de la Península de Yucatán, presenta condiciones de hipersalinidad en gran parte de la laguna, que en contraste con las condiciones marinas generan gradientes salinos muy elevados. Debido a que en estos gradientes existe un potencial significativo para la obtención de energía, este sistema se puede considerar como un potencial recurso energético. En el marco del proyecto CEMIE-Océano de la Línea Estratégica SL-1 de Gradiente Salino, se

realizó una campaña de campo del 27 de septiembre al 7 de octubre del 2017 con el fin de caracterizar el gradiente salino y su entorno físico y ambiental. El objetivo principal fue la caracterización espacial y temporal de los componentes físicos (corrientes, patrones de distribución de temperatura y salinidad, flujos e intercambios entre la laguna y el mar) para cuantificar los gradientes salinos y su variación en el tiempo con respecto a la marea. El presente trabajo se centra en el estudio de los flujos de agua entre el mar y la laguna y el intercambio de sus propiedades termohalinas, medidos durante un ciclo de marea en un transecto transversal cercano a la boca lagunar.

OCC-14

FLUJOS DE CALOR, AGUA Y SAL EN LA LAGUNA LA CARBONERA, YUCATÁN: RESULTADOS PRELIMINARES

Malagón Pimentel Xani¹ y Enríquez Ortiz Cecilia²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNA2907227Y5
 xanimalagon@gmail.com

Se evaluaron los flujos de calor, agua y sal en la laguna La Carbonera, Yucatán a partir de observaciones meteorológicas y mediciones in situ de los campos de velocidad e hidrográfico, de septiembre de 2014 a junio de 2017. La temporada de lluvias de junio a octubre, presenta los valores máximos de precipitación en julio y septiembre. Por otro lado, la evaporación, con valores altos de noviembre a marzo, es máxima alrededor de febrero, cuando también se presentan los eventos de viento del norte más importantes (hasta 25 km/h). Bajo estas condiciones también ocurren eventos de precipitación pero son poco significativos comparativamente. La temperatura del aire máxima ocurre fundamentalmente en abril y junio y se presenta una evidente disminución de ésta en los meses de viento norte. Cabe mencionar que la variación estacional de la temperatura es alrededor de 6°C, mientras que la variación diurna es alrededor de 10°C, lo que resalta la importancia de los cálculos de flujo de calor en términos diarios. Los flujos de calor y agua muestran correspondencia con la variabilidad atmosférica. En abril, cuando se tiene la mayor radiación de onda corta, el flujo neto de calor representa la mayor ganancia para la laguna. En febrero, cuando ocurre la mayor evaporación, ocurren las mayores pérdidas de calor por flujo de calor latente. En septiembre, al final de las condiciones de lluvia, se alcanzan los mayores volúmenes de agua dulce. Dentro de la laguna existen cuatro zonas con características termohalinas distintas: 1) la zona de la boca, en constante intercambio con el mar; 2) la zona de mezcla, al oeste de la laguna, donde las variaciones de temperatura y salinidad se dan por la influencia del agua marina y las descargas subterráneas; 3) la zona de dominio de agua dulce, en la parte más austral de la laguna, donde existe la presencia permanente de agua dulce y 4) la zona este de la laguna con características hiperhalinas y altas temperaturas, donde la circulación es limitada.

OCC-15

ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA DURANTE 2016-2017 Y SU RELACIÓN CON LA APERTURA DEL CANAL DE TEPALCATES

Olivos-Ortiz Aramis, Quijano-Scheggia Sonia Isabel, Verdusco-Zapata Manuel Gerardo, Hernández López Julieta y Cervantes-Rosas Omar Dario
Universidad de Colima, UCOL
 aolivos@ucoil.mx

La laguna de Cuyutlán, Colima, México se localiza en los 18°53'N-19°03'N y 104°00'W-104°20'W en el Pacífico mexicano, es una laguna costera somera (prof. media 80 cm) que mantiene contacto con el océano a través de tres canales artificiales. En la parte su parte media adyacente al canal de Tepalcates se construyó un muelle de atraque para buques metaneros necesario para surtir a la planta regasificadora, para tal efecto este canal pasó de 150 m de ancho y 80 cm de profundidad a 400 m y 15 m respectivamente a través de su longitud de 1.2 km, además se dragó un área de 1.2 ha a 15 m de profundidad para la zona de maniobra de los buques. Con el objetivo de identificar los cambios ocurridos en el sistema lagunar como producto de estas obras y ver el estado trófico actual de este cuerpo lagunar, se efectuaron determinaciones de parámetros fisicoquímicos entre enero de 2016 y diciembre de 2017 en 17 estaciones de forma mensual. Los parámetros determinados fueron Temperatura, Salinidad, pH, Oxígeno Disuelto mediante una sonda electrónica, Sólidos Suspendedos bajo técnica volumétrica y Nutrientes inorgánicos así clorofila-a bajo técnicas colorimétricas. Los resultados muestran que el intercambio mareal, los vientos locales y la topografía son los factores que determinan la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos, siendo las zonas de menor profundidad, internas y con mayor tiempo de residencia donde ocurren las amplitudes más grandes debido a la resuspensión de material sedimentario, los aportes continentales y el proceso de remineralización, lo que ha generado que entre la dársena de ciaboga y las estaciones internas haya diferencias sin que sean significativamente entre sí y su parte interna se catalogue como un sistema hipertrófico y el resto del sistema lagunar como eutrófico. El Oxígeno Disuelto y los Sólidos Suspendedos muestran correlación inversa en distintas estaciones debido a que la actividad fotosintética se ve disminuida por el efecto sombra que originan valores estresantes de Oxígeno Disuelto para la biota marina (hasta 1.0 mg/l), sin embargo la concentración de clorofila-a es indicativa de un sistema hipertrófico con valores de 83.7 mg/m3 lo que hace ver que no hay limitación de biomasa para niveles

tróficos superiores. La concentración de nutrientes en área internas es más alta para los silicatos (hasta 80 μM), para nitritos más nitratos de hasta 45.5 μM y de fosfatos de hasta 23.7 μM principalmente a su liberación desde el sedimento. Se determinó que el sistema estudiado ha sido capaz de soportar y adaptarse a los cambios que se originaron por el desarrollo del proyecto pero aún está en evolución para alcanzar su equilibrio mediante mecanismos de autorregulación que harán posible alcanzar su homeostasis a mediano plazo.

OCC-16

CONDICIONES DE CIRCULACIÓN EN LA LAGUNA LA PASTORÍA EN UN CICLO DE MAREA, CONDICIONES DE ESTIAJE Y CON Y SIN CONEXIÓN CON EL MAR

Reyes Hernández Cristóbal¹ y Barbosa Moreno Finlandia²

¹Universidad del Mar, UMAR

²INIFAP

creyes@angel.umar.mx

Se presentan mediciones del campo de velocidad y temperatura medidos en el vaso central de la laguna La Pastoría, en el sistema lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca. Las mediciones se realizaron mediante arrastre de un perfilador acústico de velocidad durante 25 horas bajo condiciones de mareas muertas y estiaje en febrero de 2003 y 2017, cuando existía comunicación entre la laguna y el mar a través de la boca y cuando el intercambio con el mar a través de la boca es inexistente respectivamente. Durante 2017, el intercambio de agua con el exterior estuvo limitado al canal El Corral, el cual comunica con la Laguna Chacahua. Este canal tiene aproximadamente 3 km de longitud, 10 m de ancho y hasta 12 m de profundidad. Mediciones del nivel de la superficie en el canal El Corral indican la propagación de la señal de marea desde Chacahua hacia La Pastoría. La magnitud de las corrientes por marea fue en promedio alrededor de tres veces mayor en el 2003 que en 2017. Por otra parte la magnitud de la corriente residual fue menor en 2017 que en 2003. La circulación durante 2017 fue mayormente controlada por la marea, pero en 2017 esta respondió al forzamiento del viento y de gradientes horizontales de densidad. A pesar de que la profundidad en promedio es cercana a 2 m, la circulación dentro de la laguna en ambas condiciones, boca abierta y cerrada, ocurrió en dos capas. El flujo superficial fue en dirección hacia el NE y el de fondo hacia el SW, aparentemente en respuesta a un gradiente horizontal de densidad hacia la parte SW de la laguna.

OCC-17

RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS LAGUNARES: EVIDENCIAS DESDE LA OCEANOGRAFÍA COSTERA

Chiappa-Carrara Xavier¹, Enríquez Ortiz Cecilia², Mariño Tapia Ismael³, Badillo Maribel⁴, Gallardo Alfredo⁵, Yañez Arenas Carlos⁶, Marín-Coria Etzaguery Janeth⁴, Arena Leticia⁴, López-Aguilar Korintha⁴ y Capella Santiago⁷

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad Mérida, UNAM

²Facultad de Ciencias

³CINVESTAV - Mérida

⁴Facultad de Ciencias, UNAM

⁵Instituto de Ingeniería, UNAM

⁶Facultad de Química, UNAM

⁷Facultad de Química

chiappa@unam.mx

Ante cualquier escenario de cambio, los sistemas resilientes tienen la capacidad de restablecer la estructura y funcionamiento característicos de su estado inicial. Gracias a un programa de monitoreo de la ictiofauna que habita en una laguna costera situada en la costa norte de Yucatán, se obtuvieron series de tiempo con la resolución suficiente para mostrar que el sistema es capaz de recuperar la estructura de los ensambles de peces presentes antes de un evento de marea roja que se presentó en el mes de julio de 2008. En este trabajo se analizaron las variaciones en la composición específica mensual del ensamble de especies ícticas presentes en las cercanías de la boca de conexión de la laguna con el mar en el periodo comprendido entre abril de 2008 y marzo de 2009. Se construyeron las series temporales de los índices de distinción taxonómica promedio ($\#+$) y de la variación en la distinción taxonómica ($\#+$) de manera mensual. Dichas series permitieron distinguir taxonómicamente al ensamble de especies que se presentó durante el evento de marea roja, cuya composición difiere del que se presenta en la laguna el resto del año. Este ejemplo constituye una evidencia de la resiliencia de los ecosistemas costeros y de la capacidad que tienen para tolerar los disturbios ambientales que ocurren en la plataforma continental. Dado que la laguna de la Carbonera juega un papel importante para minimizar algunos impactos ecológicos negativos, como son las mortalidades masivas, que provocan los eventos de marea roja sobre la ictiofauna del litoral yucateco, se propone que sea considerada como una zona núcleo de la Reserva de Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán.

OCC-18

RESULTADOS DE ESTUDIO DEL RÉGIMEN TÉRMICO Y DINÁMICO DE LOS LAGOS CRÁTER DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Filonov Anatoliy¹, Pantoja González Diego Armando¹, Barba-López María del Refugio², Alcocer Durand Javier², Tereshchenko Iryna¹ y Mireles-Ioera Omar Ignacio¹

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
afilonov@prodigy.net.mx

En este trabajo se presentan nuevos 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 los años 2017-18 y 2010 se realizaron cinco campañas de trabajo coordinado 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 flotable en el centro del lago para registrar valores de temperatura, velocidad y dirección del viento. Los resultados de estas mediciones muestran que existe una variabilidad diurna 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. Se han realizado simulaciones numéricas utilizando el modelo numérico no hidrostático DELFT-3D. 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.

OCC-19 PLÁTICA INVITADA

INUNDACIÓN Y EROSIÓN DE PLAYAS EN ISLA GRANDE HOLBOX – CRITERIOS BÁSICOS PARA DESARROLLOS COSTEROS SUSTENTABLES

Mariño Tapia Ismael¹, Pintado José Carlos¹, Sánchez Emanuel¹ y López Melania²

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, CINVESTAV

²Pronatura Península de Yucatán
imarino@cinvestav.mx

A nivel mundial el desarrollo costero ha tenido la tendencia de utilizar las dunas para construir hoteles y casas. Esto tiene sus conveniencias económicas pues la arena de las dunas se ha utilizado como agregado para la construcción, y los osciosos turistas están muy cerca del mar, por lo que se ahorran la necesidad de desplazarse para disfrutar de la arena y el mar. Esto ocurre, sin embargo, a costa de la protección natural que el sistema playa-duna ofrece, y es la receta perfecta para disparar erosión en las playas y ocasionar pérdida de hábitat para importantes especies (tortugas y cacerolitas de mar). El perfil de la playa delimita el máximo nivel de inundación en tierra debido a la acción combinada del oleaje y las fluctuaciones del nivel del mar generadas por la marea astronómica y de tormenta. En sitios sin desarrollo, como Isla Grande Holbox, esta zona de transición entre procesos oceánicos y terrestres, provee servicios de protección y sustento a una gran diversidad de flora y fauna, así como oportunidades económicas a los habitantes locales (pesca y turismo). En el pasado inversionistas foráneos y ejidatarios locales han intentado hacer del sitio un festín de "desarrollo" con la receta tradicional del Caribe (i.e. grandes hoteles, marinas y campos de golf), sin embargo el estatus del sitio como "reserva de la biosfera" ha frenado estas intenciones. Sin embargo, la presión de desarrollo continua y la necesidad de activar una economía para las comunidades locales parece imperante. En el presente trabajo se presenta una caracterización de la dinámica presente en la playa Norte de Holbox, así como un estudio de vulnerabilidad ante la inundación. Esto incluye 1) una representación topo-batimétrica de la región costera de interés, 2) una caracterización de la climatología del oleaje incidente para el área durante condiciones medias y extremas, y 3) una evaluación del peligro de inundación provocada por un evento característico de tormenta. Los resultados muestran que la Isla de barrera sufre considerable inundación cada año, que puede incluso vincular el mar con la laguna en algunos sitios desprotegidos. Este trabajo se realiza en el contexto latente de planes futuros de desarrollo dentro del área.

OCC-20

CARACTERIZACIÓN, EVOLUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO, E IMPACTO ANTROPOGÉNICO DEL SISTEMA PLAYA-DUNA EN LAS BAHÍAS SAN LUCAS Y SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Gómez Sena Isaivis, Murillo-Jiménez Janette M. y Nava Sánchez Enrique Hiparco
Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN-CICIMAR
isaivissen@gmail.com

El acelerado desarrollo urbano y turístico en el prestigioso corredor turístico de Los Cabos es uno de los principales problemas que está afectando la zona costera en Las Bahías San Lucas (CSL) y San José del Cabo (SJC). Por tanto, se plantea determinar el impacto del desarrollo urbano y turístico en la estabilidad del sistema playa-duna en dicha zona. Se realizó el análisis e interpretación de imágenes satelitales, ortofotos y fotografías, para observar la evolución espacio-temporal del sistema playa-duna, a través de SIG's. Se obtuvo la morfología mediante perfiles de playa, encontrando que SJC presenta pendientes más empinadas, playas más anchas y con menor impacto antropogénico que CSL. Se analizó la textura del sedimento en el ambiente de playa se obtuvo que en CSL, las playas Amor, Médano y Panteón presentan arena gruesa, y Esmeralda presenta arena media. En SJC las playas Laguna Sur, Salinita, Ranchito y Delta Norte presentan arena gruesa, mientras que las playas Choya, Playitas, Delta Sur y Zalate presentan arena media. El análisis mineralógico arrojó que en CSL hay un predominio de cuarzo en todas las playas, mientras que en SJC en las playas Choya y Playitas hay predominio de minerales opacos y en la Delta Norte son abundantes. La morfología del sistema playa-duna se modificó, en las playas Amor, Ranchito y Choya disminuyó el ángulo de inclinación de la pendiente, mientras el ancho aumentó. En el caso de las demás se observó un aumento en el ancho y grado de pendiente de las playas. Tras el paso del huracán Lidia de septiembre pasado, todos los perfiles de playa mostraron erosión y en los perfiles Ranchito y Playitas en la bahía de SJC se observó la máxima erosión. En la bahía SL hubo mayor modificación de la línea de costa hacia la zona noreste con un retroceso mayor que en la parte occidental de la misma.

OCC-21

COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO DE UNA BARRA SUBMAREAL ANTE UN EVENTO DE TORMENTA EXTREMO

Vidal-Ruiz Jesús Adrián y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia
Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas
avidal@uabc.edu.mx

Las barras de arena son rasgos subacuáticos muy dinámicos, que resultan de la retroalimentación constante entre los forzamientos hidrodinámicos y la morfología. Estas barras pueden presentar patrones morfológicos bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D) asociados a condiciones de erosión (alta energía) o acreción (baja energía). Este estudio tiene como objetivo caracterizar el comportamiento morfológico de una barra submareal antes y después de un evento de tormenta extremo ocurrido del 21 al 25 de enero del 2017. Mediciones hidrodinámicas y morfológicas de alta resolución espacio-temporal, permiten identificar la barra y relacionar sus características morfométricas (e.g. distancia y posición de la cresta, altura, ancho y volumen) a las condiciones de oleaje incidente. La tormenta extrema alcanzó una altura de ola significativa (Hs) máxima de 4.6 m durante marea alta, y presentó alturas de ola promedio de 3 m. Previo a la tormenta, las condiciones de oleaje de baja energía favorecieron que la barra se ubicara cerca de la línea de costa (a 70 m de distancia) en aguas someras (0.8 m de profundidad), con una morfología 3D (rítica) y variaciones significativas a lo largo de la costa. Posterior a la tormenta, la barra submareal se desplazó mar adentro (a 190 m de distancia) hacia aguas más profundas (3 m de profundidad), adquiriendo una forma longitudinalmente uniforme asociada a un canal (geometría 2D). El cambio de estado morfológico de playa de una condición de barra y playa rítica a una condición de barra longitudinal con canal, durante un evento de tormenta extrema, ocurrió en un periodo relativamente corto de tiempo (días); cuando generalmente se observa a escala estacional. Este estudio destaca la importancia de las mediciones de alta resolución espacio-temporal para entender los cambios morfológicos de una barra asociados a eventos episódicos de tormenta, que pueden determinar las tendencias morfológicas de las costas a escala estacional, anual e incluso decadal.

OCC-22

CARACTERIZACIÓN DE RUGOSIDAD Y COBERTURA BENTÓNICA EN ZONAS ARRECIFALES CON INFLUENCIA DE DESCARGAS SUBMARINAS DEL ACUÍFERO

Rosado Torres Arlett Astrid y Mariño Tapia Ismael
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV
arlett.rosado@cinvestav.mx

Los arrecifes coralinos del Caribe están fuertemente deteriorados, encontrándose actualmente en baja abundancia y diversidad. Su mortalidad está asociada con la pérdida de complejidad arquitectónica y el aplanamiento del arrecife, provocando fuertes efectos en la hidrodinámica y, a su vez, en el funcionamiento del ecosistema y su diversidad asociada. Asimismo, la disminución de rugosidad tiene importantes

implicaciones para la protección costera, debido a la gran cantidad de energía que es disipada por la cresta arrecifal gracias a su alta complejidad. El decremento de cobertura coralina es frecuentemente asociado al aumento de cobertura macroalgal. En el pasado, muchos estudios han señalado la sobrepesca de peces herbívoros como el factor clave para entender la dominancia macroalgal en zonas arrecifales; sin embargo, estudios recientes sugieren que los contaminantes provenientes de diferentes fuentes (infiltración por precipitación, flujo de agua subterránea, etc.) son ahora identificados como los principales inductores de cambio de fase (i.e. de dominancia coralina a dominancia macroalgal). Estimaciones de rugosidad y cobertura bentónica, y análisis de calidad de agua fueron efectuados en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. Roo con un sistema de medición que constó de ADCP, GPS Diferencial, CTD, y cámara Go Pro. Se realizaron cinco perfiles en diferentes temporadas climáticas (lluvias, secas y nortes) a lo largo de 17 meses. En este estudio se presentan las comparaciones de coberturas bentónicas, rugosidad y calidad de agua entre perfiles y campañas de campo, observándose no solamente una fuerte influencia por descargas submarinas del acuífero, sino también importantes diferencias entre cobertura de macroalgas y corales en los perfiles realizados. Los resultados sugieren que los perfiles influenciados por descargas submarinas del acuífero son los que tienen una mayor cobertura macroalgal.

OCC-23

CARACTERIZACIÓN ESTACIONAL DE LAS CORRIENTES DE RETORNO EN LA PLAYA LA MISIÓN (B.C.) CON EL MODELO XBEACH E IMÁGENES DE VANT

Kono Martínez Tadashi y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia
Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas
tadashikono21@gmail.com

Las corrientes de retorno en la playa son flujos que tienen una dirección hacia mar adentro, y su proceso de formación e intensificación están asociados a características morfológicas del lecho marino, así como con los forzamientos de oleaje y marea. Sin embargo, dada la dificultad de poder obtener datos puntuales de esta zona de playa, aún es poco entendido cual es la interacción entre las propiedades morfológicas y forzamientos con las propias corrientes de retorno. En este trabajo se presentará una breve descripción de las características morfológicas e hidrodinámicas de la playa La Misión (Baja California) de mayo 2017 a mayo 2018, la cual presenta corrientes de retorno durante la mayor parte del año y, por tanto, finge como un laboratorio natural para el estudio de estas corrientes. Para esto, se cuenta con mediciones topográficas y batimétricas (hasta 15 m de profundidad) comensales, y datos puntuales de oleaje y corrientes colectados con un perfilador acústico Doppler. Adicionalmente, se cuenta con imágenes bimensuales colectadas con un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) para determinar la ubicación y características geométricas de las corrientes de retorno. Para caracterizar la magnitud de las corrientes a escala estacional se utiliza el modelo morfodinámico XBeach (version Kingsday). Se presentarán resultados sobre la ubicación, geometría y magnitud de las corrientes de retorno para los estados morfológicos de playa de barra y playa rítica (primavera) y barra longitudinal con canal (invierno). Este estudio contribuye a mejorar el conocimiento sobre la morfodinámica asociada a las corrientes de retorno en playas altamente dinámicas.

OCC-24

ESTUDIO DE LA HIDRODINÁMICA DE LAS CORRIENTES DE RETORNO MEDIANTE MODELO SPH, EN LA PLAYA BEJUCO, COSTA RICA

Bonasia Rosanna¹, Mathen Eric², Arrozaarena Isabel³, Gutiérrez Echeverría Alejandro³, Crespo Alejandro⁴ y Tolentino Dante²
¹CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, SEPI, ESIA-UZ
²Instituto Politécnico Nacional, SEPI, ESIA-UZ
³Instituto Internacional del Océano (UNA) Heredia, Costa Rica
⁴EPHYSLAB, Environmental Physics Laboratory, Universidad de Vigo, Orense, España
rosannabonasia017@gmail.com

Las corrientes de retorno son flujos concentrados perpendiculares a la costa, que representan un peligro importante en las playas de todo el mundo. En los Estados Unidos de América, Costa Rica y Australia, el número de muertes por ahogamiento en playas donde las corrientes de retorno se han reconocido, es generalmente más alto que el número de muertes causadas por otros tipos de desastres naturales. En Costa Rica, a pesar de la presencia de señales de advertencia sobre las corrientes de retorno, las estadísticas muestran un alto número de muertes por ahogamiento en playas ubicadas en la provincia de Puntarenas. La falta de conocimiento específico sobre las corrientes de retorno por una parte significativa de los turistas, junto con la ausencia generalizada de salvavidas, son las principales razones para que estas muertes sucedan. En este estudio, se utiliza el modelo Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) para analizar el comportamiento de las corrientes de retorno mediante la simulación numérica de experimentos lagrangianos de campo llevados a cabo en la playa Bejuco en la región del Pacífico Central, Costa Rica. Se simulan numéricamente las intensidades y trayectorias de las corrientes y se comparan con los datos de campo. Los resultados muestran un buen acuerdo que indica que el método SPH es capaz de reproducir la circulación cerca de la costa debido a la variación en las alturas de olas y la presencia de una barra sumergida. Además, para capturar la influencia de la variabilidad estacional en las velocidades y trayectorias de

las corrientes de retorno, se simulan dos escenarios que consideran la distribución de las olas durante las estaciones seca y húmeda, respectivamente. Los resultados presentados aquí se pueden considerar como una herramienta de partida para dar soporte a las estrategias de mitigación de riesgos.

OCC-25

POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS GRADIENTES DE SALINIDAD EN LAGUNAS COSTERAS HIPERSALINAS Y PERSPECTIVAS PARA UN USO SUSTENTABLE

Enríquez Ortiz Cecilia, Reyes Mendoza Oscar y Álvarez-Silva Oscar
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 cenriqz@ciencias.unam.mx

El planeta está sufriendo los efectos del estilo de vida del humano moderno. Entre los principales aspectos que lo afectan se encuentran los relacionados con la energía: a que nuestras necesidades energéticas son cada vez mayores y a los efectos que tiene en el planeta la forma actual en que la obtenemos. La alternativa de buscar fuentes de energía renovables ha crecido y el mar ofrece diferentes opciones, siendo la energía de gradientes salinos la menos estudiada. En países como México, los procesos naturales proveen generosamente las características para generar gradientes salinos intensos: lluvias abundantes, radiación solar intensa y altas tasas de evaporación. Uno de los proyectos del CEMIE-Océano pretende cuantificar el recurso natural en sitios costeros del país y sus variaciones temporales, entender los procesos que lo controlan y caracterizar sus ambientes. Además de las numerosas bocas de río donde se sabe que se desarrollan gradientes de salinidad, México tiene lagunas costeras con bajos aportes de agua dulce, algunas de las cuales desarrollan condiciones de extrema salinidad en época de secas. Estimaciones del potencial energético teórico de los gradientes salinos desarrollados en uno de estos sitios durante un año de mediciones revela un potencial energético mayor (2 a 3 veces) que estimaciones existentes en desembocaduras de río en el mundo.

OCC-26

EVALUACIÓN DE UN CAMPO EÓLICO COSTA AFUERA EN YUCATÁN Y SUS EFECTOS EN LA HIDRODINÁMICA COSTERA

García Caballero Estefanía y Appendini Christian
Universidad Nacional Autónoma de México, LIPC-II-UNAM
 egarciaa@ingen.unam.mx

Dentro del tema de energía, los recursos renovables han tomado fuerza y se han posicionado como la vía más importante para vivir una revolución energética. La incorrecta administración de los recursos energéticos y el retraso tecnológico en el área de exploración y explotación de los recursos, han generado una inestabilidad en el precio de los combustibles fósiles. Debido a este evento, surgió la necesidad de replantear las estrategias para poder cubrir el aumento de la demanda energética apreciado en el mundo. En países como Dinamarca, Países Bajos y Alemania, se espera que, en un corto plazo, la energía eólica satisfaga la mayor parte de su consumo energético. En estos países, los campos eólicos se encuentran en su mayoría costa afuera (offshore, en inglés), debido a un potencial energético mayor, y a normas medioambientales. En México, la península de Yucatán tiene actualmente varios proyectos de campos eólicos en tierra; sin embargo, existen problemas medioambientales y sociales que ponen en riesgo a estos proyectos. Por este motivo surgió la idea de plantear un campo eólico costa afuera en Yucatán, donde los vientos se consideran competitivos frente a otras áreas del mundo donde se emplea esta tecnología, debido a su intensidad y estabilidad a lo largo del año. Este trabajo busca calcular el potencial eólico costa afuera en esta zona y evaluar su efecto en la hidrodinámica costera mediante modelos hidrodinámicos, de oleaje y transporte de sedimento. En este trabajo presentamos una comparación preliminar del potencial eólico entre los principales parques eólicos marinos de Europa y Estados Unidos, para estimar la competitividad de Yucatán frente a los pioneros en generación de energía eólica. Para el cálculo del potencial eólico obtuvimos la batimetría correspondiente al área de interés y se realizó una caracterización del viento en la zona. Con esta información, se propusieron las características de las turbinas para el diseño del parque eólico. Una vez calculado el potencial eólico, realizamos la comparación entre los campos eólicos más importantes del mundo, parques terrestres en México y el propuesto para este proyecto. Respecto a la hidrodinámica costera, validamos un modelo hidrodinámico mediante un análisis estadístico entre los datos obtenidos del Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP, por sus siglas en inglés) y datos propuestos por el modelo (hindcast, en inglés). Mediante los módulos del software MIKE (2017) generamos una malla correspondiente a la zona de interés y realizamos diferentes simulaciones utilizando las condiciones de frontera calculadas con el modelo hidrodinámico. Estas simulaciones tienen como objetivo identificar modificaciones en las corrientes locales y la distribución del sedimento en el suelo marino. Al realizar la comparación preliminar encontramos velocidades en la zona de estudio dentro de un rango ideal para alcanzar un nivel de potencia máximo. En la validación del modelo hidrodinámico observamos que los datos medidos por el ADCP y los del modelo, muestran una distribución coincidente para los tres parámetros analizados. A partir de este análisis estadístico, fue considerado válido utilizar las condiciones de frontera generadas con modelo seleccionado.

OCC-27

RESULTADOS PRELIMINARES DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HIDROGENERADOR PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE CORRIENTES MARINAS

Cuen Ulloa Andres Orlando¹, López González José¹ y Mariño Tapia Ismael²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, LIPC-II-UNAM

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV-IPN
 acuenu@ingen.unam.mx

El presente trabajo muestra los avances para aumentar la eficiencia de un dispositivo de aprovechamiento de energía de las corrientes marinas denominado hidrogenerador IMPULSA. Debido a que el hidrogenerador tendrá modificaciones y nuevos elementos se denominará Hidrogenerador "HyPa". El hidrogenerador cuenta con un catamarán flotante como estructura principal sujeto al fondo marino a través de una cuerda y un ancla e inmerso en la corriente superficial. Los elementos del catamarán le dan estabilidad al sistema y funcionan como concentradores de energía los cuales dirigen y focalizan la energía del fluido sobre los rotores que en este caso son verticales. Una de las mejoras principales del nuevo hidrogenerador, es que se elimina la carcasa central y se adicionan dos rotores de eje horizontal tipo paleta. Uno de los principales objetivos del estudio es analizar las partes que componen el hidrogenerador y realizar las modificaciones necesarias con la finalidad de aumentar su eficiencia, lo cual se logra incrementando la velocidad del fluido en la zona de rotores y disminuyendo la estela en la salida del fluido, para lo cual se utiliza un modelo numérico simulando cada una de las modificaciones para obtener la geometría más eficiente. Las simulaciones numéricas se realizaron utilizando los programas OpenFoam y DualSPHysics, en ambos programas, las simulaciones fueron realizadas en modo estático y dinámico, manteniendo la velocidad del fluido constante con lo cual se obtuvieron campos de velocidad y presión en todo el dominio. Por otra parte, se calculó de manera teórica la potencia de un dispositivo con diferentes secciones de área transversal y tres velocidades. Por otro lado, se calculó la energía disponible utilizando una serie de tiempo de velocidad del fluido en el canal de infiernillo y con ello se estimó la producción de energía de un campo de 204 hidrogeneradores. Por otra parte, con base al diseño óptimo y los resultados de las simulaciones numéricas, se construirá un modelo físico del hidrogenerador y se realizarán pruebas experimentales, las cuales se llevarán a cabo arrastrando el dispositivo en el mar mediante una embarcación con velocidades similares a las del modelo numérico, con la finalidad de comparar ambos modelos. Con los resultados de las pruebas físicas al modelo como datos de velocidad, presión, torque y velocidad angular, se podrá determinar los parámetros óptimos de operación para seleccionar el generador eléctrico preciso y estimar la energía que producirá el hidrogenerador para las condiciones reales.

OCC-28

RESULTADOS DE LABORATORIO DE UN DISPOSITIVO PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA DEL OLEAJE POR OSCILACIÓN DE COLUMNA DE AGUA (OWC)

López González José y Domínguez Sandoval Miguel Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México, LIPC-II-UNAM
 jlopezgo@ii.unam.mx

Se presentan los resultados de un experimento realizado en el canal de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros del Instituto de Ingeniería UNAM para conocer el desempeño de un dispositivo de conversión de energía del oleaje usando el método de oscilación de columna de agua (en inglés Oscillating Water Column, OWC). El objetivo del experimento relaciona la geometría del dispositivo con su desempeño ante diversas condiciones de oleaje para determinar el óptimo desempeño. De esta manera se tendrán las bases para diseñar un dispositivo de este tipo, cambiando sus características geométricas y condiciones marítimas. Para ello se construyó un modelo físico, el cual consta de 2 cámaras de aire sumergidas y conectadas a través de un conducto de pvc. Dichas cámaras tienen diferente área transversal y están abiertas en la parte inferior, por lo cual, el sello lo genera la superficie libre del agua. Al pasar la ola por encima de las cámaras, se ejerce presión en la parte inferior de cada una de las cámaras que empujan el aire contenido en ellas, debido a la diferencia de áreas la fuerza resultante es mayor en una de las cámaras lo que ocasiona que el nivel de la otra cámara tenga que ser mayor, directamente proporcional para equilibrar el sistema. ocasionando un flujo de aire a través del conducto el cual será utilizado para mover una turbina eólica. Se llevaron a cabo diferentes escenarios de oleaje para determinar la oscilación máxima de la columna de agua dentro de las cámaras, los datos fueron registrados mediante sensores de presión y sensores de nivel ultrasónicos. La ventaja del dispositivo es que no posee partes móviles en la transformación del oleaje salvo la turbina eólica, sin embargo esta turbina y las partes eléctricas que la componen están libres del contacto del agua lo que lo convierte en un dispositivo con muy buenas expectativas, por lo cual este dispositivo es un buen prospecto en el desarrollo de la energía sustentable teniendo como recurso principal el océano.

OCC-29

LA ATENUACIÓN DE LAS OLAS CORTAS CAUSADA POR OLAS LARGAS Y SU EFECTO EN EL ESFUERZO DEL VIENTO

García Nava Héctor¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, IIO-UABC

²Departamento Oceanografía Física, CICESE
hector.gnava@uabc.edu.mx

La generación y evolución del oleaje depende de la transferencia de momento a través de la interfaz aire-agua. Actualmente se sabe que la presencia de swell puede modificar la magnitud y dirección del esfuerzo del viento. En particular, se ha sugerido que el swell puede reducir la transferencia de momento de la atmósfera al océano a partir de la atenuación de las olas cortas. Para mejorar nuestro entendimiento de este fenómeno se realizaron una serie de experimentos de laboratorio en los que se generaron olas con vientos moderados a muy intensos y se incluyeron olas largas generadas mecánicamente con una paleta. Para determinar el efecto que tienen la dirección de propagación del oleaje se realizaron experimentos con las olas mecánicas propagándose en la misma dirección del viento y con dirección contraria a este. Se observó que la amplitud de las olas generadas por el viento se reduce hasta un 80% debido a la presencia de olas largas. La tasa de atenuación aumenta con la pendiente de las olas mecánicas y ocurre independientemente de la dirección de propagación de estas. Así mismo se observó que las olas mecánicas propagándose en la misma dirección del viento ocasionaron una disminución del esfuerzo del viento mientras que las olas propagándose en dirección contraria ocasionaron un incremento. El efecto de las olas mecánicas en la transferencia de momento es el resultado del balance entre dos fenómenos: 1) la modificación de la transferencia de momento ocasionada por la interacción de las olas mecánicas con el flujo de aire y 2) la disminución de la transferencia de momento causada por una disminución del esfuerzo superficial soportado por las olas cortas debido a la atenuación de éstas.

OCC-30 CARTEL

SIMULACIONES NUMÉRICAS DE CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO Y LA CONECTIVIDAD DE LARVAS DE PANULIRUS ARGUS

Corona Villegas Jan Gilbert¹, Palacios Hernández Emilio² y Carrillo Bibriesca Laura Elena³

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²Universidad de Guadalajara

³El Colegio de la Frontera Sur
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*).

OCC-31 CARTEL

CIRCULACIÓN GENERAL EN EL SISTEMA DE ISLAS DE LA BAHÍA DE CHAMELA, JAL.

Pantoja González Diego Armando¹, Filonov Anatoliy¹,

Gasca Ortiz Tzitali² y Palacios Hernández Emilio¹

¹UdeG-CUCEI

²UMSNH-Posgrado en Ing. Física
diego.pantoja@academicos.udg.mx

La Bahía de Chamela se localiza en el Pacífico central Mexicano, en el estado de Jalisco, tiene forma de arco con su eje mayor de aprox. 9 km entre las puntas norte y sur, y aprox. 2.5 km de ancho sobre la parte central. La bahía presenta playas arenosas solo con algunos cabos, un par de esteros en sus extremos y alberga cerca de 10 islas distribuidas a lo largo de la línea que une sus puntas de norte a sur. Es este estudio se presentan las observaciones físicas realizadas en Mayo 2018, a través de transectos de un CTD ondulante y de un ADCP (arrastrado a un costado de una lancha tipo panga). Se presentan además resultados numéricos de procesos de dispersión entre las islas (conectividad) para el periodo del último muestreo y de otros históricos.

OCC-32 CARTEL

OBSERVACIONES DE CORRIENTES Y OLEAJE EN ZONAS COSTERAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y EL PACÍFICO A TRAVÉS DE RADARES BANDA-X

García Nava Héctor, Coronado Méndez César y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, IIO-UABC

hector.gnava@uabc.edu.mx

Las observaciones de corrientes y oleaje en el ámbito costero están generalmente restringidas a mediciones puntuales realizadas con boyas o instrumentos anclados al fondo. Este tipo de observaciones proveen información sumamente útil en la forma de series de tiempo de diferentes variables que permiten conocer a detalle la variabilidad temporal de las corrientes y el oleaje; sin embargo, no permiten discernir la variabilidad espacial de estos fenómenos. Los radares de banda X proveen imágenes de un área de la superficie del mar de forma sistemática. A partir de estas imágenes, es posible obtener el espectro tridimensional del oleaje en función del número de onda y frecuencia. Las diferencias entre la densidad de energía espectral observada con respecto a la esperada a partir de la relación de dispersión del oleaje, permiten estimar las corrientes y la profundidad. Actualmente, se cuenta con tres sitios costeros donde se realizan mediciones con radares de banda X, dos en la costa del Golfo de México, en las bocas de la Laguna Madre en South Padre Island y Port Aransas en Texas, y otro sitio en la Bahía Todos Santos en Ensenada, Baja California. En este trabajo se analizan las mediciones de oleaje y corrientes realizadas con los radares de banda X en las tres localidades, y se comparan con mediciones puntuales realizadas con perfiladores acústicos Doppler anclados en la misma zona.

OCC-33 CARTEL

COMPARACIÓN DE SERIES DE TIEMPO DE DATOS DE ALTIMETRÍA COSTERA CON DATOS IN-SITU DE NIVEL DEL MAR EN LAS COSTAS DEL PACÍFICO MEXICANO

Montes Aréchiga Jorge M., Filonov Anatoliy, Pantoja

González Diego Armando y Tereshchenko Iryna

Universidad de Guadalajara, UdeG

jorge.montes@academicos.udg.mx

En este trabajo se comparan los datos de altimetría costera "X-TRACK, 1 Hz Along Track Sea Level Anomalies" distribuidos por el Centro de Estudios Topográficos del Océano y la Hidrosfera (CTOH por sus siglas en inglés) con mediciones de nivel del mar obtenidas de un arreglo de ocho anclajes con sensores HOBOT-LEVEL ubicados a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano. El periodo de medición abarca del 01 de marzo al 27 de diciembre de 2008. La comparación de los datos de altimetría se realiza mediante medidas estadísticas: sesgo (BIAS), raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) y el índice de habilidad (SS). Los resultados muestran una buena correlación de los datos de altimetría costera y las mediciones in-situ de los ocho anclajes.

OCC-34 CARTEL

WAVE SPECTRUM RETRIEVAL FROM AIRBORNE SUNGLITTER IMAGES

Rascle Nicolas¹ y Yurovskaiia Maria²

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

²Federal State Budget Scientific Institution "Marine Hydrophysical Institute of RAS", Sevastopol, Russia
nrascle@ifremer.fr

A method to retrieve the two-dimensional wave spectrum from airborne sunglitter images is demonstrated. The approach is based on a linear transfer function using the shape of brightness distribution in the sunglitter zone. Retrieval of the absolute wavenumber elevation spectrum does not require any additional assumption or information about sky brightness, wind or wave energy. A step by step algorithm for spectrum derivation is given. The method is illustrated using airborne images taken during an experiment in the Gulf of Mexico. A good agreement of retrieved spectra with nearby NDBC buoy data is obtained, either for spectrum level and shape or energy angular distribution. A 180-degree wave direction ambiguity, inherent to image-derived spectra, is eliminated by using cross-correlation analysis of two consecutive images. A case study of spectrum evolution with the increasing of distance to the shore in conditions of cross to plane track wind direction is considered showing intensive energy level and spectrum peak position transformation. The conditions of method applicability and technical requirements (flight altitude, image resolution, view angles, etc) are discussed. The results demonstrate the efficiency of high resolution sea state monitoring from drones or light aircrafts using sunglitter imagery.

OCC-35 CARTEL

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PROPIEDADES BIO-ÓPTICAS DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS (ENSENADA, BAJA CALIFORNIA)

Ramírez Altamirano Yessica Lizbeth, González Silvera Adriana,
 Santamaría del Ángel Eduardo y López Calderón Jorge
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 liz93_ysb@hotmail.com

Las propiedades bio-ópticas involucran el comportamiento de la luz solar que penetra en el agua y su absorción por los componentes disueltos y particulados presentes en ella. El objetivo de este trabajo fue conocer la variabilidad espacial y temporal de los coeficientes de absorción de luz por el material disuelto, fitoplancton y detrito (aCDM, aPhy y ad) en la Bahía de Todos Santos (Ensenada, Baja California). Para esto se usaron datos de seis cruceros (octubre 2016, marzo 2017, junio 2017, noviembre 2017, febrero 2018 y junio 2018), donde se tomaron datos en seis estaciones para analizar la composición taxonómica de los principales grupos que conforman al fitoplancton, y el coeficiente de absorción de luz por los componentes antes mencionados. Se observó que el valor de aCDM (440) más alto fue en el crucero de julio 2017 con un valor de 2.358 m⁻¹ y el valor más bajo fue de 0.001 m⁻¹ para el crucero de febrero 2018. El aPhy (440) se encontró entre 3.661 m⁻¹ y 0.027 m⁻¹, en donde el crucero de junio reportó el valor más alto y febrero 2018 el más bajo. Por otra parte, el mayor valor de ad (440) fue de 0.296 m⁻¹ para junio del 2017 y de 0.01 m⁻¹ para junio del 2018. La comunidad fitoplanctónica fue dominada por dinoflagelados en la mayoría de los cruceros, siendo junio del 2017 el que obtuvo abundancias mayores a las 160,000 cel/L de la especie *Lingulodinium polyedrum*. Sin embargo, en febrero de 2018 el grupo de las Diatomeas predominó con más de 8,000 cel/L de los géneros *Chaetoceros* spp y *Pseudonitzschia* spp. Se discuten las implicaciones de esta variabilidad en la percepción remota del color del océano en estas aguas.

OCC-36 CARTEL

PESQUERÍA DE LA MEDUSA BOLA DE CAÑÓN COMO UN SISTEMA COMPLEJO

Cruz Colin Maria Esther¹, Cisneros Mata Miguel Angel² y Montaña Motezuma Gabriela³

¹Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC-III

²Centro Regional de Investigación Pesquera

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas
 esther.cruz@uabc.edu.mx

La captura de medusa bola de cañón (*Stomolophus* sp. 2) se efectúa de forma artesanal en las costas de Sonora, México desde hace 18 años. La medusa es procesada, deshidratada y empacada en Guaymas, Sonora principalmente, y exportada a China, en donde es altamente demandada para su consumo. El desarrollo de esta actividad desde sus inicios se ha vuelto más difícil por el número de pescadores y procesadores que se han ido incursionando en la actividad. Se realiza el diagnóstico de la pesquería de la medusa bola de cañón con el fin de conocer el estado actual de esta actividad. El estudio preliminar al diagnóstico fue la identificación de actores, realizada por medio de una categorización analítica y entrevistas semiestructuradas. Identificando a los actores clave como los que tienen mayor interés e influencia en el manejo de la pesquería, representados por el INAPESCA, los compradores, procesadores, comercializadores y las cooperativas pesqueras. Por su lado, los pescadores, a pesar de su interés en manejo de esta pesquería, son actores que no han podido ejercer suficiente influencia en la toma de decisiones. Los compradores asiáticos y las autoridades de CONAPESCA son actores, con bajo interés, pero con poder para influir en el manejo del recurso. A pesar de las estrategias de co-manejo que los actores han llevado a cabo, existe una relación conflictiva y bajo nivel de cooperación entre ellos lo cual impide que se respeten las estrategias de manejo para explotar la medusa en condiciones de sustentabilidad. De acuerdo al resultado anterior, y después de identificar los elementos naturales (en donde destaca la alta variabilidad de la presencia del recurso) y sociales de la actividad, y la forma en la que están ligados entre sí, en identidad y función, se encuentra que la actividad de la pesquería de la medusa bola de cañón en Guaymas, Sonora, se comporta como un sistema ecosocial complejo. Se identifican también los niveles jerárquicos de gestión, en donde destaca la gestión táctica que realiza la institución de gobierno CRIP-Guaymas como bisagra mediadora entre el nivel operativo de los pescadores y procesadores y el nivel estratégico en el que se encuentran la CONAPESCA y los compradores asiáticos. Sin embargo, éstos últimos antagonizan los propósitos y logros deseados de explotación sustentable del recurso, debido a la especulación de precio del producto y a las prácticas durante el procesamiento de la medusa. Los resultados en este estudio: la identificación de los actores y las relaciones entre ellos, los elementos del sistema complejo, así como los niveles jerárquicos de organización son necesarios para el manejo a futuro de la pesquería de la medusa en México.

OCC-37 CARTEL

CIRCULACIÓN GENERAL EN EL LAGO PROFUNDO Y TEMPLADO DE ZIRAHUÉN, MICH.

Gasca Ortiz Tzitali¹, Domínguez Mota Francisco Javier¹,
 Pantoja González Diego Armando² y Filonov Anatoliy²

¹UMSNH-Posgrado en Ing. Física

²UdeG-CUCEI

tzitlaseb@gmail.com

El Lago de Zirahuén es un lago de alta montaña del tipo monomítico, oligotrófico y endorreico que posee una gran variedad flora y vegetación considerable, pero desafortunadamente el lago se ve afectado por el deterioro de la explotación irracional de sus recursos, además de las fuentes de polución de los asentamientos locales, el pastoreo de los animales y el cambio de uso de suelo, entre otros. Es este estudio se presentan las primeras observaciones de variables físicas del lago (de febrero 2018 a Agosto 2018), a través de una cadena de termistores localizada en la parte más profunda del lago (~ 40 m), además de un ADCP anclado cerca de la misma cadena y transectos de un CTD ondulante. Además, se presentan resultados numéricos de procesos de dispersión para el periodo de muestreo.

OCC-38 CARTEL

VARIACIÓN TEMPORAL DE FLUJOS DE CARBONO, AGUA Y ENERGÍA EN UN MANGLAR SEMIÁRIDO DEL SUR DE SONORA

Granados Martínez Karol Paulina, Méndez-Barroso
 Luis Arturo, Yépez Enrique A. y Sánchez Mejía Zulia

Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

kalordepic@hotmail.com

Los manglares en ambientes semiáridos tienen una alta capacidad de absorción de carbono, similar al potencial de los manglares tropicales. Con solo el 0.49% del área total, los manglares que rodean el Golfo de California almacenan el 18% del carbono total de la región, representando el sumidero más grande de carbono en las zonas áridas del norte de México. En México existen pocos estudios enfocados en el intercambio vertical de los flujos de agua, carbono y energía entre el manglar y la atmósfera. Por otra parte, la respuesta ecosistémica del manglar a variables biofísicas en zonas áridas y semiáridas es aún poco conocida. Por la importancia ambiental, hidrológica, energética y la capacidad de almacenamiento de carbono que poseen los manglares de ambientes semiáridos, es importante conocer la dinámica de intercambio de materia y energía que tiene el ecosistema y las condiciones biofísicas que lo controlan. Este trabajo es un aporte al entendimiento de la partición de energía y absorción de carbono en manglares semiáridos mediante la estimación de flujos de calor sensible (H), calor latente (#E) y dióxido de carbono (CO₂) dentro de una franja costera intermareal. La variación estacional de estos flujos se estimó mediante el método de covarianza de vórtices (EC) durante el periodo entre Noviembre 2017 a Octubre de 2018. Paralelamente, se está determinando la variabilidad de diversos factores bióticos y abióticos que controlan la fijación o liberación de carbono de los manglares semiáridos. El sitio de estudio se encuentra en la Bahía de Agiabampo, al sur de Sonora, y se caracteriza por la presencia de manglar rojo (*Rhizophora mangle*) y negro (*Avicennia germinans*). Los resultados preliminares muestran que la variación diurna del flujo de #E se mantiene por debajo del flujo de H; con valores promedio diarios por debajo de 200 Wm² y la tendencia general es que el calor sensible domina sobre el calor latente conforme progresa la primavera. Por otro lado, se observa que el ecosistema mantiene una ganancia neta de CO₂ durante todo el periodo de estudio con una ligera tendencia a aumentar durante la primavera, con variaciones máximas de 0.2376 g C/m². Por otro lado se ha observado que el nivel de inundación y la salinidad mantienen cierto control con los flujos de H, #E y el mismo flujo de CO₂.

OCC-39 CARTEL

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LAS CORRIENTES DE RETORNO EN UNA PLAYA INTERMEDIA CON EL MODELO XBEACH

González Domínguez Javier¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹, Kono
 Martínez Tadashi¹, Hernández-Walls Rafael¹ y Flores Ana Laura²

¹Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

²Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas
 jgonzalez36@uabc.edu.mx

Las corrientes de retorno son flujos dirigidos mar adentro, que atraviesan la zona de rompientes de las playas, favoreciendo el intercambio de partículas entre la orilla y aguas profundas, y que están principalmente determinadas por variaciones batimétricas, del oleaje y la marea. Estas corrientes son importantes porque forman parte del proceso de transporte de sedimentos en las playas, y además, son responsables de miles de ahogamientos de bañistas por año a nivel mundial. Sin embargo, debido a que presentan una distribución variable tanto espacial como temporalmente a lo largo de la costa, se dificulta su predicción. Este estudio se enfoca en determinar la ubicación y ocurrencia de las corrientes de retorno en la playa municipal de Ensenada (Baja California) para las diferentes estaciones

del año. Para ello, se hace uso del modelo numérico morfodinámico Xbeach v1.23.5445M (Roelvink et al. 2009) utilizando como forzamientos hidrodinámicos datos de oleaje y marea horarios colectados con un perfilador acústico Doppler y mediciones morfológicas (topografía y batimetría) mensuales. Los resultados muestran que la mayor ocurrencia de corrientes de retorno es durante la primavera asociada a la ritmicidad de la barra submareal, que favorece la formación de canales de retorno. Se presentarán resultados sobre la variabilidad de la intensidad de estas corrientes para diferentes condiciones de oleaje y marea. Este estudio contribuye a mejorar el conocimiento para poder predecir con mayor certeza la ubicación de las corrientes de retorno en playas.

OCC-40 CARTEL

REFLEXIÓN BRAGG INDUCIDA MEDIANTE ROMPEOLAS ALTERNATIVOS SUMERGIDOS TIPO PLACA CORONADOS CON VEGETACIÓN

Verduzco-Zapata Manuel Gerardo¹, García Nava Héctor²,
Ramírez Serrano Edgar Iván¹ y Torres-Orozco Ernesto¹

¹Universidad de Colima

²UABC

manuel_verduzco@uol.mx

Los rompeolas a talud son estructuras de protección costera que se utilizan en todo el mundo para proporcionar zonas de refugio adecuadas para la navegación y las actividades portuarias o incluso el control y la regeneración de playas. Debido a su costo y a los daños medioambientales con los que se asocian, actualmente existen líneas abiertas de investigación para proponer estructuras alternativas como rompeolas flotantes. En este trabajo se realizaron pruebas en laboratorio donde se estudió la eficiencia de una serie de placas horizontales sumergidas para bloquear la energía del oleaje, y se exploró la posibilidad de aumentar la rugosidad de su corona mediante pasto sintético, con la finalidad de maximizar la disipación de las olas de frecuencia alta. Los resultados sugieren que para olas regulares propagándose en aguas intermedias y cuando el espaciamiento entre placas es igual a la mitad de la longitud de onda incidente, se presenta la condición de resonancia Bragg, lo que mejora la eficiencia de las placas. Al colocar vegetación, ésta mejora su desempeño como protección costera obteniendo coeficientes de reflexión y transmisión menores. Se reconoce la necesidad de realizar estudios con diferentes tamaños y tipos de vegetación real, además de extender las pruebas con oleaje propagándose en aguas someras y profundas.

OCC-41 CARTEL

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE ROMPIENTE DEL OLEAJE AL UTILIZAR PLACAS SUB-SUPERFICIALES COMO ROMPEOLAS ALTERNATIVOS

Espinoza-Hueso Néstor Jesús, Verduzco-Zapata Manuel
Gerardo, Gutiérrez Acosta Raúl y Galicia Pérez Marco Antonio

Universidad de Colima

811nestor@gmail.com

Con el propósito de minimizar los posibles efectos negativos ecológicos debido al uso de rompeolas tradicionales, en este trabajo se propone el uso de un grupo de obstáculos sumergidos tipo placa, colocados horizontalmente cerca de la superficie, con la finalidad de evaluar las condiciones en las que ocurre una mayor disipación de energía del oleaje. Se realizaron pruebas en un canal de olas donde se utilizaron parámetros adimensionales basados en las relaciones de la altura de la columna de agua, la pendiente del oleaje, sumersión, espesor, longitud y separación de las placas sumergidas. Se analizó de manera visual y se determinó si hubo presencia de rompimiento, así como su intensidad y su tipo, para luego compararlos con los datos obtenidos mediante un análisis espectral. Se determinaron las condiciones óptimas en las cuales las placas disipan la mayor cantidad de energía del oleaje, por lo que con base en los resultados obtenidos se sugiere el uso de placas largas, con la menor separación posible entre ellas, y colocadas a una distancia máxima bajo la superficie del 5% respecto a la columna de agua, ya que con estas condiciones se favoreció el rompimiento.

OCC-42 CARTEL

ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS PARA PROYECTO DE CLASIFICACIÓN DE FONDOS Y BATIMETRÍA CON EQUIPO MONOHAZ Y MULTHAZ DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Gray Vallejo Ernesto
Proyección Especializada S.A. de C.V., TECNOCIANO
ernesto@tecnociano.com

Para la conservación y manejo adecuado de los recursos marinos se hace necesario obtener información de la distribución de dichos recursos. Para el caso de áreas naturales protegidas (ANPs) como lo es en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV); el PNSAV es un ecosistema formado por al menos 23 estructuras arrecifales con diferentes grados de desarrollo, incluidas seis islas

(Ortiz-Lozano, et. al.). En palabras de Winfield et. al; representa uno de los complejos arrecifales más importantes en la zona económicamente exclusiva del territorio nacional. Sin embargo, por la cercanía al Puerto de Veracruz, el parque ha sufrido un fuerte impacto por la actividad humana e industrial. Además que de manera natural recibe las descargas de los ríos Jamapa, Papaloapan y La Antigua. Para realizar la investigación, las ecosondas MonoHaz y MultiHaz son herramientas útiles al momento de realizar mapas del lecho marino, que al emitir un gran número de pulsos de sonido por segundo logran cubrir un área amplia. Los pulsos de sonido que regresan al sonar, además de los datos de profundidad, también contienen la cantidad de energía acústica resultante de la interacción del pulso acústico con el fondo marino; es decir, la fuerza de la amplitud del pulso, lo que ayuda a obtener información sobre las características del fondo marino, estos datos son conocidos como Backscatter. En términos prácticos, una señal débil (baja amplitud) representa un fondo suave, mientras que una señal fuerte de gran amplitud representa un fondo duro (Kagesten, 2008). Cada haz de cada pulso emitido por la ecosonda colecta datos backscatter, el cual es archivado como snippets. Para tener la certeza en los resultados obtenidos; previamente, se realizaron mediciones en puntos conocidos para generar una matriz de fondo y buceos de inspección. Este estudio revela la complejidad que presentan los arrecifes pertenecientes al PNSAV. En las imágenes en tres dimensiones de la profundidad generadas con el software hidrográfico es posible observar que en la parte Norte y Este de los arrecifes morfológicas rocosas a manera de canales submarinos, que parecen interconectar la cresta principal con zonas bajas que la bordean. Mientras que hacia las partes Oeste y Sur se aprecia más una morfología a manera de planicie de sustratos suaves. El área total levantada en Héctareas con equipo MonoHaz y MultiHaz fue de 66,836; de las cuales 4,417 son No Navegables y se discriminaron 11 tipos de fondo: 1. Lodos. 2. Sedimentos Finos Coral. 3. Arena Fina Arcillosa. 4. Arenas Finas. 5. Coral. 6. Arena Media con Conchuela. 7. Arena Arcillosa. 8. Arena Fina con Algas. 9. Arena Media con Algas. 10. Material Duro y Rugoso. 11. Coral. 12. Arena Fina. En total el Polígono corresponde a 71,254. La embarcación solamente se aproximó a la zona de arrecife por qué no es posible navegar sobre los arrecifes. La presentación oral, tiene la intención de explicar la metodología de trabajo, resultados y los restos encontrados, indicando pasos futuros que se podrán dar para seguir analizando los datos y mejorar la clasificación.

OCC-43 CARTEL

APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA POR GRADIENTE SALINO MEDIANTE ELECTRODIÁLISIS INVERSA

Roldán Carvajal Mateo¹, Sánchez Sáenz Carlos Ignacio² y Enríquez Ortiz Cecilia³

¹Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, CEMIE - Océano

²Universidad Nacional de Colombia

³UNAM - UAY

mateoroldanc@gmail.com

La diferencia de salinidad en dos cuerpos de agua es una fuente de energía cuyo estudio ha aumentado durante los últimos años, teniendo avances significativos, pero aún con temas por resolver en cuanto al desarrollo tecnológico. Desembocaduras de ríos y lagunas costeras presentan condiciones adecuadas para el aprovechamiento de esta forma de energía, debido a su contacto con el mar. Se han propuesto diferentes tecnologías análogas a las de desalinización: Ósmosis Retardada por Presión (PRO, por sus siglas en inglés) y Electrodialisis Inversa (RED, por sus siglas en inglés); las cuales se basan en procesos de membrana que permiten aprovechar el gradiente de concentración para generar electricidad. Este trabajo presenta resultados preliminares del diseño de un prototipo de RED para la obtención de energía eléctrica, a partir de gradientes salinos, en el cual ocurren intercambio de iones en un arreglo de membranas, denominado circuito iónico, además de transformaciones electroquímicas. Los avances comprenden un análisis, a partir de dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés), de la hidrodinámica de los dos tipos de agua en el interior del equipo, y el uso de modelos físicos de base fenomenológica para estimar la densidad de potencia neta obtenida mediante el dispositivo, en este caso se analizan 2 combinaciones de cuerpos de agua: Mar-Río y Mar-Laguna Costera. Los resultados preliminares indican que entre mayor sea la diferencia de salinidad, mayor será la densidad de potencia obtenida por el equipo en la misma configuración. Se debe ahondar en el estudio de características propias del equipo como la geometría y el espacio inter-membranas.

OCC-44 CARTEL

MEDICIONES DEL OLEAJE, BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, UTILIZANDO UN CELULAR

Hernández-Walls Rafael¹, Flores Ana Laura¹, Ocampo
Torres Francisco Javier² y García Nava Héctor²

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²CICESE

rwalls@uabc.edu.mx

Los celulares (smartphones), en la actualidad, están dotados de varios sensores que pueden ser aprovechados para realizar mediciones en el océano. Tal es el caso de los tres acelerómetros que tienen los celulares y que miden las aceleraciones en tres direcciones perpendiculares entre sí. En este trabajo se aprovechó de una aplicación comercial (sin costo) que extrae la información de los acelerómetros y

los almacena en el celular. Además, se tomó ventaja de un protector hermético al agua para guardar el celular en el y ponerlo a flotar en el canal de olas de la Facultad de Ciencias Marinas y con ello medir las aceleraciones de las olas bajo condiciones controladas. En este trabajo se muestran los resultados preliminares de dichas mediciones, mostrando las bondades del método propuesto.

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizadores:

Erik Coria Monter

Elizabeth Durán

OCE-1

ON EXTREME SURFACE AND SUB-SURFACE CURRENTS DRIVEN BY NORTH BRAZIL CURRENT RINGS OFFSHORE SURINAME

Schiller Rafael¹, Smith Rosemary¹ y Oropeza Fernando²¹Fugro USA Marine INC.²Fugro México, S.A. de C.V.

rschiller@fugro.com

The objective of this paper is to present novel findings about extreme surface and sub-surface currents offshore Suriname that are driven by North Brazil Current Rings (NBCR). NBCRs constitute a major metocean hazard to the offshore O&G industry in that region. They are large-scale oceanic vortices (~400km in diameter) that propagate northwestward in deep water from the Amazon region in northern Brazil towards the Lower Antilles. Their typical surface swirl velocity is 1m/s with a mean translation speed of 14 km/day. An offshore location can be easily impacted by a NBCR for more than three weeks. On average, 6 to 7 NBCRs cross offshore Suriname every year. Therefore, they can cause substantial impact, delay and downtime to operations (e.g. drilling, installations, ROV deployments, and production). This paper will present an analysis of recent long-term current measurements in offshore Suriname that captured multiple NBCRs and unveiled new evidence about their extreme currents. Recent long-term (~14 months) full water column current measurements were undertaken offshore Suriname in support of deep water field developments. Those measurements were performed at three locations lined-up in the offshore direction and with seabed depths of ~1600, 2000 and 2400m. Acoustic Doppler Current Profilers (ADCPs) collected currents roughly in the upper 1000m of the water column while single-point current meters covered other levels down to seabed. Measurements were quality-controlled for further analysis and characterization of NBCRs. Complementary satellite, drifter and profiler data were used to support the analysis. Throughout 14 months, the three locations were impacted by 9 NBCRs; 6 were surface-intensified (maximum currents near the surface and ring restricted to the upper 200m), 2 were deep-reaching (maximum currents near the surface but ring reaching beyond to 1000m) and 1 was subsurface-intensified (maximum currents at ~250m below the surface, weak surface current signature). The maximum near-surface current was ~1.6 m/s during a deep-reaching ring event that lasted about 1 month. All other ring events presented peak near-surface currents well above 1 m/s, except for the one subsurface-intensified ring that was captured. That ring was unique in nature as near-surface currents peaked at ~0.6m/s while the sub-surface currents peaked at ~1.2 m/s at 250m below the surface. The distinct ring characteristics that were measured reveal the complexity of deep water currents in offshore Suriname and how they represent unique operational and design challenges. This study presents novel findings on the spatial structure of extreme NBCR currents, which pose multiple challenges to the offshore O&G industry offshore Suriname. Evidence of subsurface-intensified rings are sparse; the results presented herein are revealing in terms of their characterization and provision of guidance for engineering design, structural monitoring and development of new fields.

OCE-2

IDENTIFICACIÓN DE ONDAS ATRAPADAS AL TALUD EN EL GOLFO DE MÉXICO RELACIONADAS CON LA CORRIENTE DE LAZO Y SUS REMOLINOS A PARTIR DE SIMULACIONES NUMÉRICAS

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 se caracteriza por variar su extensión hacia el norte del Golfo y por desprender esporádicamente remolinos anticiclónicos. Cuando la Corriente del Lazo se extiende hacia el norte o cuando desprende remolinos y se trasladan hacia el noroeste o suroeste e interactúan con la topografía costera pueden generar señales como ondas atrapadas a la costa que se propaguen a lo largo de isóbatas hacia el sur del Golfo con la zona somera 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 anomalías de velocidad en el talud continental mostraron propagación ondas atrapadas al talud con periodos de alrededor de 40 días y longitudes de onda de aproximadamente 2000 km; las ondas con mayores frecuencias (periodos < 40 días) mostraron una relación con la extensión de la Corriente de Lazo y se presentan tanto en el caso con viento como en el caso sin viento. Se encontró también que los remolinos desprendidos de la Corriente de Lazo generan señales de más baja frecuencia (periodos > 40 días) sobre el talud continental en el caso con viento pero no en el caso sin viento.

OCE-3

ANTHROPOGENIC DISSOLVED INORGANIC CARBON IS DIFFERENT IN THE AREAS TO THE NORTH AND SOUTH OF CAPE SAN LUCAS

Coronado-Álvarez Luz de Lourdes Aurora¹, Álvarez-Borrego Saúl², Lara Lara Rubén³, Zirino Alberto³, Hernández Ayón José Martín⁴ y Solana-Arellano Elena²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C., CICESE²CICESE³Scripps Institution of Oceanography, UCSD⁴Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

lcorona@cicese.edu.mx

The Cabo San Lucas front is a transition zone where the California Current Water and Subtropical Surface Water converge. This front is roughly vertical, and the main difference between these water masses is their salinity. Our objective was to quantify the anthropogenic dissolved inorganic carbon (CANT) in 2 areas: north of the Cabo San Lucas Front and south of it, to test the hypothesis that there is a significant difference between them and between coastal and oceanic sampling locations within each area. To determine CANT, we used the Tracer combining Oxygen, Carbon and total Alkalinity (TrOCA). TrOCA is defined as: $TrOCA = O_2 + 1.2 \cdot DIC - 0.6 \cdot TA$. We used the North American Carbon Program, and Cliver Carbon Hydrographic Data Office databases from cruises carried out in 2007. Hydrographic stations north of Cape San Lucas Front are California Currents System (CCS) stations, and stations south from the front are tropical stations. In each area, there are hydrographic stations inshore (first 50 km) and offshore. The CCS stations had an average CANT ($\pm$ standard error) of $64.4 \pm 1.44 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the 0-100 m depth interval, decreasing to near zero at 800 m, and an average of the integrated CANT (#CANT, 0-800 m) of $20.9 \pm 1.8 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$. The tropical stations had an average CANT of $63.3 \pm 2.2 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the 0-100 m depth interval, also decreasing to near zero at 800 m, with an average #CANT of $17.4 \pm 1.2 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$. The CCS inshore stations had an average #CANT of $11.7 \pm 2.3 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$, and the CCS offshore stations had an average #CANT of $24.9 \pm 1.6 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$. The tropical inshore stations had an average #CANT of $19.4 \pm 1.01 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$; and the tropical offshore stations had an average #CANT of $17.0 \pm 1.6 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$. A Bayesian t-test to compare the #CANT in all the CCS stations with the #CANT in all the tropical stations resulted in a high probability of a significant difference (95% credibility interval). There was a high probability of significant differences between the #CANT in inshore CCS stations and the #CANT in inshore tropical stations. These differences are because of the effect of coastal upwelling in the CCS inshore stations; the upwelled water has lower CANT values than the stratified inshore tropical waters. There was a high probability of significant differences between the #CANT in inshore CCS stations and the #CANT in offshore CCS stations, again because of upwelled waters are relatively low of CANT. On the contrary, there was a low probability for significant differences between the #CANT in inshore tropical stations and the #CANT in offshore tropical stations. This latter result may be because there is similar vertical density structure in both station groups.

OCE-4

SMAP AND CALCOFI OBSERVE FRESHENING DURING THE 2014-2016 NORTHEAST PACIFIC WARM ANOMALY

Gómez Valdés José¹ y Vázquez Jorge²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE²Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology
jgomez@cicese.mx

Data from NASA's Soil Moisture Active Passive Mission (SMAP) and from the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) were used to examine the freshening that occurred during 2015-2016 in the Southern California Current System. Overall the freshening was found to be related to the 2014-2016 Northeast Pacific Warm Anomaly. The primary goal was to determine the feasibility of using SMAP data to observe the surface salinity signal associated with the warming and its coastal impact. As a first step direct comparisons were done with salinity from the CalCOFI data at one-meter depth. During 2015 SMAP was saltier than CalCOFI by 0.5 PSU, but biases were reduced to < 0.1 PSU during 2016. South of 33°N, and within 100 km of the coast, SMAP was fresher in 2015 by almost 0.2 PSU. CalCOFI showed freshening of 0.1 PSU. North of 33°N SMAP and CalCOFI saw significant freshening in 2016, SMAP by 0.4 PSU and CalCOFI by 0.2 PSU. Differences between SMAP and CalCOFI are consistent with the increased stratification in 2015 and changes in the mixed layer depth. SMAP observed freshening that reached the Baja California Coast.

OCE-5

HÁBITATS DE LARVAS DE PECES EN LA ZONA DE MÍNIMO OXÍGENO EN EL PACÍFICO TROPICAL FRENTE A MÉXICO DURANTE EVENTOS ENSO

Rodríguez Erick Jonathan¹, Sánchez Velasco Laura¹ y Godínez Sandoval Víctor Manuel²¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California CICESE
erickjonathanrodriguezamador@gmail.com

Los eventos ENSO son perturbaciones en el sistema oceánico/atmosférico capaces de modificar las condiciones hidrográficas del océano, así como la distribución y abundancia de larvas de peces. El objetivo del presente estudio es analizar los hábitats de larvas de peces y su composición durante un evento ENSO-cálido y un evento ENSO-frío, desde el sur del Golfo de California hasta Cabo Corrientes. Con base en los datos hidrográficos y muestras de zooplancton estratificadas colectadas en abril-2012 (ENSO-frío) y marzo-2016 (ENSO-cálido), se detectaron dos hábitats de larvas de peces recurrentes. Estos presentan cambios en su distribución y estructura comunitaria, resultado de las diferencias hidrográficas y variación del dominio de las masas de agua que convergen en la región. El hábitat recurrente "Golfo de California" indicado por Benthosema panamense, en abril-2012 dominó en la capa superficial oxigenada, asociado a la extensión hacia el sur de la masa de agua del Golfo de California. El mismo hábitat durante marzo-2016 decreció en extensión y abundancia, esto asociado con el engrosamiento de la capa de mezcla y la incursión de masa de agua Tropical Superficial. Otro hábitat recurrente "Islas Marías" indicado por Bregmaceros batimaster, se ubicó cerca de Cabo Corrientes, donde el agua hipóxica se eleva hasta 40 m de profundidad en abril-2012. Durante marzo-2016, este hábitat se extendió hacia el norte por debajo de la oxiclina en agua Subsuperficial Subtropical. Asimismo, se definieron otros hábitats de larvas de peces no recurrentes, asociando su presencia a procesos inter-anales y a cambios en la dominancia de masas de agua. El análisis de los resultados muestra que durante un evento ENSO-frío, se incrementa la estratificación propiciando alta abundancia de larvas de peces en la capa oxigenada; y durante un evento ENSO-cálido, la abundancia de larvas de peces se reduce, y la riqueza específica incrementa.

OCE-6

INTERACCIÓN OLEAJE-CORRIENTES EN CONDICIONES DE VIENTO INTENSO

Larrañaga Marco, Osuna Pedro, Ocampo Torres Francisco Javier y Rasche Nicolas
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
larranaga.marco@gmail.com

A lo largo de las últimas décadas se ha demostrado que los procesos relacionados a la interacción oleaje-corrientes juegan un papel importante en la dinámica de regiones costeras. En este trabajo se realizó un estudio numérico con la finalidad de investigar la importancia de los procesos asociados a la interacción olas-corrientes en aguas profundas, esto bajo condiciones de viento intenso 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 está basado en el formalismo vortex-force. Los forzamientos atmosféricos utilizados en ambos modelos se obtuvieron con una implementación del modelo WRF. En la simulación numérica se registraron corrientes asociadas a la deriva de Stokes de hasta 0.3 ms⁻¹ durante el evento Tehuano, de las cuales derivaron aceleraciones asociadas a los términos de las interacciones oleaje-corrientes (Stokes-Coriolis y vortex-force) con una magnitud del orden de #1×10#6 ms⁻². Esto tuvo como consecuencia modificaciones en las corrientes presentes del Golfo de Tehuantepec (#0.25 ms⁻¹), debidas principalmente al incluir al término Stokes-Coriolis en el balance de Ekman.

OCE-7

VARIABILIDAD TERMOHALINA EN SEPTIEMBRE EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño Rodríguez Juan Heberto² y Jiménez-Illescas Ángel Rafael¹¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional²Instituto Oceanográfico de la Universidad de Colima
mniebla@ipn.mx

Se analiza el comportamiento de la estructura termohalina en la bahía, durante septiembre (ocaso del verano) en diferentes condiciones meteorológicas, con datos de 1993 (normales), 2006 (Niño-débil), 2009 (Niño-débil), 2010 (Niña-fuerte), 2015 (Niño-muy fuerte) y 2017 (normales). En la estructura de la salinidad se puede apreciar ausencia de la haloclina en todos los muestreos, en condiciones normales se midió una disminución de la salinidad en 2017, en relación con 1993, lo cual es más evidente después de los 100 m, lo que generó una disminución del Agua del Golfo de California y un incremento del Agua Superficial Tropical en la bahía. En condiciones de El Niño, se registró una disminución de la salinidad, lo que es indiscutible durante 2015 (Niño-fuerte), es de destacar la gran cantidad de Agua

Superficial Tropical y la ausencia del Agua del Golfo de California, excepto en una mínima franja alrededor de los 150 m. La diferencia entre 2006 y 2009 (Niño-débil), al parecer fue debido al efecto del Huracán John de categoría 2, que paso por la bahía el 2 de septiembre y disminuyó la salinidad y la temperatura. En 2010 (Niña-fuerte) se midió la mayor salinidad, con una importante cantidad de Agua del Golfo de California y la ausencia de Agua Superficial Tropical. En la estructura de la temperatura, se aprecia una importante termoclina en los primeros 150 m de profundidad, una ausencia de la capa de mezcla y la máxima temperatura se registró durante las condiciones de El Niño-fuerte 2015 y la mínima en condiciones de La Niña-fuerte 2010. La influencia de un huracán categoría 2, puede disminuir la temperatura en la bahía de manera similar al efecto de una Niña-fuerte (2010). La menor densidad se observó durante El Niño-fuerte 2015 y la mayor densidad durante La Niña-Fuerte 2010, el efecto de un huracán categoría 2, puede aumentar la densidad con un efecto similar a una Niña-fuerte.

OCE-8

COPÉPODOS EN UN VÓRTICE CICLÓNICO DE MESOESCALA EN LA BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Rocha-Díaz Franco Antonio¹, Monreal Gómez María Adela², Coria-Monter Erik¹, Salas de León David Alberto³ y Durán-Campos Elizabeth¹¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México³Cátedras CONACYT. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México
franki_151@hotmail.com

El presente trabajo evalúa el papel del forzamiento físico en la distribución de copépodos en la Bahía de La Paz, Golfo de California, durante el verano de 2009. Información hidrográfica de alta resolución y muestras de zooplancton fueron colectadas a bordo del B/O El Puma de la UNAM. Los resultados mostraron la presencia de un vórtice ciclónico de mesoescala con un diámetro de ~30 km y velocidades que alcanzan los 50 cm s⁻¹. La abundancia de copépodos mostró diferencias para cada grupo. La abundancia de calanoides fue de 95 a 1,019 ind 100 m⁻³, los ciclopoideos de 208 a 1,082 ind 100 m⁻³, mientras que la abundancia de copépodos varió de 420 a 11,800 ind 100 m⁻³. Su distribución horizontal mostró patrones de variabilidad en el campo del vórtice. Los calanoides mostraron abundancias relativamente elevadas en las estaciones cercanas al centro del vórtice. Los ciclopoideos presentaron abundancias máximas en las estaciones de la periferia, mientras que los copépodos mostraron una abundancia máxima en las estaciones cercanas al Golfo de California. Un análisis de correspondencia canónica mostró la dependencia con las variables ambientales. Los resultados mostraron una clara relación de los grupos de copépodos analizados con la presencia del vórtice ciclónico y sus efectos sobre las características hidrográficas; posiblemente, como resultado de diversos procesos adicionales, como las interacciones intra e inter específicas, la dinámica poblacional y los hábitos de alimentación de cada grupo.

OCE-9

SOBRE EL PROBLEMA DE TAYLOR

Gaviño Rodríguez Juan Heberto¹, Carbajal Pérez José Noel², Obeso-Nieblas Maclovio³ y Reyes Ezequiel¹¹Universidad de Colima, UCOL²IPICYT³CICIMAR

jgavinho@gmail.com

El problema de Taylor explica teóricamente la propagación de ondas de Marea en un mar rectangular semicerrado de profundidad constante. Con este tipo de geometría se pueden aproximar varias cuencas marinas, como el Golfo de California, el mar del Norte, el mar Adriático. Se hace la suposición que 2 ondas de Kelvin viajando en sentidos contrarios y k- ondas de Poincaré, pueden explicar la propagación de una onda larga al incidir en la frontera abierta de dicha cuenca, en general las de Poincaré decaen exponencialmente, por lo que solo se hacen presentes en las fronteras, en la abierta ayudan junto con las de Kelvin a satisfacer la condición de amplitud y fase de la onda incidente y en la cerrada a satisfacer que sea impermeable, es decir a que la componente de la velocidad ortogonal a la frontera se anule. Como las ecuaciones se discretizan para resolverlas numéricamente, se utilizan un cierto número 2k de Poincarés y la solución clásica es por colocación puntual, o sea, se seleccionan k+1 puntos en cada frontera, donde las 2 ondas de Kelvin y 2k de Poincaré satisfacen las condiciones, conduciendo a un sistema nxn. En este trabajo se agregan a las ecuaciones de movimiento los efectos de fricción con el suelo y de intercambio turbulento y además se usan más puntos que el número de ondas utilizadas, resolviendo el entonces sistema sobre- determinado con cuadrados mínimos, por las dos formas, por transformaciones ortogonales (sencilla) y por multiplicación escalar con la transpuesta de la matriz de incógnitas, la llamada forma normal (expresiones teóricas para conversión a sistema de nxn). Se encuentran para cuencas rectangulares con dimensiones geométricas aproximadas al Golfo de California, el Mar del Norte, el Mar Adriático, los cuadros hidrodinámicos que resultan del problema de Taylor, y se observa que reproducen los aspectos más sobresalientes que se obtienen por observaciones y modelación numérica.

OCE-10

RELACIÓN DEL PARÁMETRO DE OKUBO-WEISS CON LOS EIGENVALORES DEL 2-TENSOR GRADIENTE DE VELOCIDAD

Hernández-Walls Rafael, Flores Ana Laura, Castro Valdez Rubén, Durazo Reginaldo y Navarro Olache Luis Felipe
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 rwalls@uabc.edu.mx

Se muestra, desde un punto de vista didáctico, que al usar el determinante del 2-tensor gradiente de velocidad y la divergencia del campo vectorial de la velocidad horizontal (2D) en la expresión del parámetro de Okubo-Weiss (Q), y hacer uso de los eigenvalores del 2-tensor gradiente de velocidad en las expresiones de la divergencia y del determinante, el parámetro de Okubo-Weiss puede ser reescrito para flujos divergentes (Qd) como el cuadrado del eigenvalor principal, mientras que para flujos no-divergentes (Qnd) este se reduce al producto de los dos eigenvalores. Usando datos de la velocidad superficial del océano derivados de un sistema de radar HF, se pudieron utilizar las definiciones anteriores para buscar remolinos en campos vectoriales de la velocidad 2D para la Bahía Todos Santos, México. Para discernir si el flujo es divergente o no-divergente se calculó el parámetro N2, que mide la importancia relativa de la divergencia en términos del determinante del 2-tensor gradiente de velocidad. Encontrando que el 80% del área de la Bahía Todos Santos, a lo largo de todo el año estudiado, se puede suponer es no-divergente. Además, se propone utilizar la parte imaginaria del eigenvalor principal del 2-tensor gradiente de velocidad para la búsqueda de remolinos. Se presenta un ejemplo de dicha localización.

OCE-11

CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA HIDROCINÉTICA Y MAREOMOTRIZ: DESARROLLO, CALIBRACIÓN, Y VALIDACIÓN DE UN MODELO MULTI-DOMINIO DE RESOLUCIÓN VARIABLE PARA EL GOLFO DE CALIFORNIA

Bermúdez Anahí¹, Magar Vanesa¹, Gross Markus¹, López Mariscal Manuel¹, Godínez Sandoval Víctor Manuel¹, Rivera Lemus Erick² y Kono Martínez Tadahshi²

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

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO
 anahi.berom@gmail.com

A pesar de que el Golfo de California (GdC) ha sido de gran interés oceanográfico y se han analizado, por ejemplo, las características de las mareas y las corrientes residuales, la dinámica de ondas atrapadas a la costa, o la dinámica de remolinos, entre otros, existen pocos estudios de caracterización de corrientes de marea como fuente de energía eléctrica, lo cual es indispensable para el desarrollo de parques de turbinas marinas en la región. Con la finalidad de evaluar los recursos de energía hidrocínética y mareomotriz a nivel regional y local, se está desarrollando un modelo multi-dominio usando los módulos acoplados de Delft3D (de Deltares) de resolución variable, desde 6480m en la entrada al GdC y zonas profundas, hasta 240m en las zonas costeras someras y el Alto Golfo. En este trabajo se describirá principalmente el desarrollo, la calibración y validación del modelo barotrópico (es decir, un modelo promediado sobre la vertical). Para calibrar el modelo, se variaron algunas parametrizaciones, entre ellas: la viscosidad horizontal, el coeficiente de reflexión, y el coeficiente de Chézy de fricción de fondo. Se observó que variaciones en la viscosidad o el coeficiente de reflexión tienen un efecto muy pequeño, pero cuando el parámetro de Chézy se elige adecuadamente, la rapidez se compara bien con la rapidez barotrópica obtenida con mediciones in-situ. Se utiliza el caso de Bahía San Jorge, al Noreste del Alto Golfo de California, para ilustrar el proceso de calibración, y se muestra que el parámetro de Chézy debe variar espacialmente para obtener buenas comparaciones entre el modelo y mediciones in-situ en otras estaciones de observación. Esto se debe a que el GdC es un mar marginal profundo con profundidad promedio de 700 m, y con una longitud característica de más de 106 m, lo cual afecta las parametrizaciones típicas que usan los modelos regionales de aguas someras. Se presentan además algunas validaciones del modelo utilizando como indicador la elevación de la superficie del mar, y algunos resultados y conclusiones preliminares sobre la producción anual de energía a nivel local.

OCE-12

CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA DE CORRIENTES CON EL MODELO HYCOM: CASO DE ESTUDIO EN BAHÍA SAN JORGE, ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Magar Vanesa¹, Gross Markus², Godínez Sandoval Víctor Manuel², Bermúdez Anahí¹, López Mariscal Manuel¹ y Pinon Grégory³

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

²CICESE

³Universidad de Le Havre
 vanesamagar@gmail.com

Este trabajo resume el avance con la caracterización de energía de corrientes de marea en el Golfo de California (GdC), utilizando un modelo híbrido (zeta en aguas profundas y sigma en aguas someras) de HYCOM, un modelo de mesoescala, y la zona de Bahía San Jorge (BSJ), en el Alto Golfo de California, como caso de estudio. El modelo tiene una resolución de 1/12° en las coordenadas horizontales, y 40 capas en la vertical. Para poder estimar la producción anual de energía hidrocínética, se dividió el dominio en nueve mosaicos. El primero de ellos cubre BSJ y zonas aledañas (esquina noreste: 31°42'54.62"N, 112°56'15.06"O; esquina suroeste: 30°30'12.30"N, 114° 6'34.24"O), y se presenta aquí para ilustrar la metodología. Primero, se identificaron los puntos en la malla de HYCOM que cubrieran este polígono. Después, se eligió un periodo de tiempo que permitiera validar las estimaciones de producción anual de energía con mediciones in-situ, tomadas en el punto de observación con coordenadas 31° 00.745'N, 113° 14.195'O, cercano a Isla San Jorge. Se estima la producción anual barotrópica (promediada sobre la vertical) y a diferentes profundidades: a 10 m, 30 m y 60 m en zonas de profundidad intermedia; y a 10 m y 15 m en zonas someras de baja profundidad. Además, se calcula el promedio anual sobre toda la serie de tiempo, y solamente sobre los tiempos que corresponden a velocidades de marea máximas en los periodos de mareas vivas. Los resultados se comparan con los obtenidos usando un modelo Delft3D de aguas someras.

OCE-13

LA INFLUENCIA DE REMOLINOS DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Martínez Alcalá José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California: Facultad de Ciencias Marinas, UABC-FCM
 amartine@uabc.edu.mx

En diversos trabajos se han referido al Golfo de California como uno de los mares más productivos, incluso algunos le han asignado un quinto lugar a nivel mundial. Las razones por las que el Golfo de California es altamente productivo, son en general diversas aunque poco claras. La presencia de numerosos remolinos de mesoescala a nivel mundial ha sido ampliamente documentada. El Golfo de California no es la excepción y se ha detectado y documentado la presencia de múltiples remolinos distribuidos a lo largo del Golfo de California. En este trabajo se analizan 1204 observaciones de remolinos anticiclónicos y 1397 de ciclónicos, detectados en el Golfo de California durante el periodo 2002-2014. El efecto de la presencia de estos remolinos es analizada a partir de imágenes satelitales. Una de las principales diferencias entre remolinos ciclónicos y anticiclónicos radica en el hecho de que los remolinos ciclónicos muestran en general una menor temperatura superficial de hasta 40 menor que los anticiclónicos, lo cual concuerda con teorías conocidas. Sin embargo, en el Golfo de California, la siempre cercanía de la costa a ambos lados, diferencia el efecto de los remolinos "libres" o en mar abierto, de los "atrapados" en el interior del golfo. La distribución de temperatura superficial y clorofila dentro de los remolinos es presentada en forma resumida para todas las observaciones de remolinos realizadas, así como evidencias de la interacción entre el océano y atmósfera como consecuencia de la presencia de remolinos.

OCE-14

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA: UN ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FOTOSINTÉTICOS DERIVADOS DE CURVAS TRADICIONALES DE ASIMILACIÓN DE CARBONO (14C) Y TASAS DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES (PHYTO-PAM)

Mercado Santana José Alfredo¹, Santamaría del Ángel Eduardo², Millán Núñez Roberto² y Lara Lara Rubén¹

¹CICESE

²Facultad de Ciencias Marinas, FCM-UABC
 alfredojams@gmail.com

Se estudió la relación de los parámetros fotosintéticos derivados de la metodología de asimilación de carbono (14C) (Tradicional) y la tasa de transporte de electrones (Phyto-PAM) en todo el golfo de California (cruceros del 2012 al 2016). Para tal efecto, se utilizó una aproximación semi empírica. Se evidenció una relación lineal entre la tasa de transferencia de electrones (ETR) y la tasa de fijación de

carbono (Pin situ). Se desarrolló una serie de regresiones lineales múltiples que probaron estimar la producción primaria (PP) con relativamente altos valores de coeficientes de determinación (R^2). Este enfoque resalta la importancia de estudiar los parámetros fisicoquímicos, como la Temperatura, Clorofila a (Chla) y salinidad, ya que mejoraron la estimación de la PP vía ETR. La variación de la relación entre ETR/Pin situ en función de la luz reveló diferentes tendencias que se caracterizaron por tres nuevos parámetros fotosintéticos (R_{max} : el valor máximo de la relación ETR/Pin situ; ER_{max} : la intensidad de la luz a la que se midió R_{max} y la pendiente Y: la pendiente inicial de la curva). Los resultados encontrados son prometedores y dan la pauta para dejar de depender de métodos radioactivos (^{14}C).

OCE-15

IDENTIFICACIÓN Y VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA ZONA FRONTAL EN LAS GRANDES ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Garcés Rodríguez Yuliesky¹, Tenorio Fernández Leonardo²,
Sánchez Velasco Laura² y Godínez Sandoval Víctor Manuel³

¹Instituto Politécnico Nacional–Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

²Instituto Politécnico Nacional–Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-CONACYT

³Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada
garcers84@gmail.com

El Golfo de California (GC) es dividido por un archipiélago denominado “Grandes Islas” (aGI). Éste se caracteriza por una batimetría compuesta de fosas y umbrales, lo que favorece la formación de frentes. El objetivo de este estudio es identificar las zonas frontales y su variabilidad estacional, en la región del aGI del GC. Para ello, se utilizaron datos de temperatura y salinidad obtenidos en cruceros oceanográficos durante el verano (Junio 2006) e invierno (Febrero 2007). Se identificaron dos zonas frontales permanentes en el área del aGI con variación estacional en su posición. La zona frontal Peninsular, la que se definió mediante los gradientes de temperatura y salinidad, delimitados por las isolíneas de 1 (i.e. $dT/dx=1$ y $dS/dx=1$). En invierno, este frente se restringió al sur de isla San Lorenzo, separando las aguas de bajas temperaturas ($\sim 14^\circ C$) y salinidades ($\sim 35.2 g/Kg$), provenientes del canal de ballenas, de las más cálidas ($\sim 18^\circ C$) y saladas ($35.5 g/Kg$) provenientes del sur de GC. En verano, éste es más extenso, acercándose a Isla Tiburón (IT), separando las aguas más densas con temperatura de $\sim 18^\circ C$ y salinidad de $\sim 35.3 g/Kg$, de las menos densas de $\sim 27.5^\circ C$ y $\sim 35.9 g/Kg$ proveniente del sur. El segundo frente se define al sur de IT, definido por la isolinia de $\sigma_t = 10^{-3}$, y originado por la convergencia del agua mezclada, y del agua estratificada proveniente del sur del GC. En verano, esta zona frontal se restringe hasta la isobata de 30m y en invierno, se desplaza al sur a la de 60m. Resultados preliminares, muestran que las zonas frontales permanentes varían estacionalmente con la circulación del golfo. El frente peninsular es producido por fuertes gradientes termohalinos asociadas a las surgencias, y el segundo frente es originado por la convergencia de agua bien mezclada por las mareas, con agua estratificada del sur del GC.

OCE-16

IMPACTO DE “EL NIÑO GODZILLA 2015-2016” EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y LA CLOROFILA-A DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO, A PARTIR DE OBSERVACIONES SATELITALES E IN-SITU

Coria-Monter Erik, Monreal Gómez María Adela, Salas de León David Alberto y Durán-Campos Elizabeth
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, ICML-UNAM
coria@cmarl.unam.mx

Durante 2015-2016, un evento extremo de El Niño tuvo lugar en el Océano Pacífico, el cual fue denominado como “El Niño Godzilla”. Con base en observaciones satelitales e in-situ, este trabajo evalúa los impactos de este evento en la temperatura superficial del mar (TSM) y las concentraciones de clorofila-a (CHLA) en el sur del Golfo de California. Se obtuvieron imágenes diarias de TSM y CHLA del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) para el período comprendido entre enero de 2013 y diciembre de 2017. Se seleccionó un área circular de 46.8 km de diámetro en la parte central del golfo para evaluar la variación mensual de ambos parámetros. Se utilizaron datos hidrográficos generados durante un crucero de investigación en noviembre de 2016 para evaluar la distribución de las masas de agua. Los resultados revelaron una fuerte variabilidad estacional, con altas concentraciones de CHLA registradas durante el invierno y valores bajos durante el verano. Contrario a las predicciones, el evento “El Niño Godzilla” aparentemente no tuvo un impacto extremadamente negativo en la biomasa fitoplanctónica, expresada como CHLA, en esta región en comparación con otras áreas y en comparación con eventos extremos previos. Esto probablemente esté relacionado con la dinámica del golfo y a los mecanismos de fertilización documentados en la región, sin embargo se requieren más observaciones para confirmar esta relación. Los resultados presentados contribuyen a una mejor comprensión del Golfo de California, ecosistema único y altamente productivo.

OCE-17 CARTEL

EL PAPEL DE LOS VÓRTICES Y LAS CORRIENTES MARINAS EN LAS ARRIBADAS DE LA TORTUGA GOLFINA EN LA ESCOBILLA, OAXACA, MÉXICO

Durán-Campos Elizabeth, Salas de León David Alberto,
Monreal Gómez María Adela y Coria-Monter Erik
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, ICML-UNAM
eduran@cmarl.unam.mx

Las tortugas marinas del género *Lepidochelys* presentan un complejo comportamiento de anidamiento masivo conocido como “arribada”. El presente trabajo analiza la relación entre las condiciones oceanográficas durante los eventos de arribada ocurridos durante 2005 en La Escobilla, Oaxaca, México. Se realizaron patrullajes nocturnos de mayo a noviembre de 2005 y se obtuvieron registros de temperatura del aire y precipitación del radar meteorológico de CONAGUA. Mapas de salinidad y temperatura superficial del mar fueron obtenidos a partir del modelo HYCOM. Las corrientes superficiales fueron determinadas a partir de bases de datos disponibles por Centros de Investigación en dinámica oceanográfica internacionales. Se observaron cinco eventos de arribada durante el periodo de estudio. Una característica importante fue la presencia de vórtices y corrientes intensas durante su inicio. Se observó una correlación estadísticamente significativa entre las arribadas y la velocidad de las corrientes ($R = 0.93$, $R^2 = 0.86$, $p = 0.04$). La correlación con la salinidad mostró valores de $R = 0.55$, $R^2 = 0.31$, $p = 0.32$, mientras que la correlación con la precipitación fue $R = 0.53$, $R^2 = 0.28$, $p = 0.14$. Se observó una correlación débil con la temperatura del aire ($R = 0.35$, $R^2 = 0.12$, $p = 0.59$) y con la temperatura superficial del mar ($R = 0.23$, $R^2 = 0.05$, $p = 0.66$). A pesar de que las tortugas marinas son organismos con locomoción intensa, la proximidad a corrientes favorables generadas por los vórtices podría estar relacionada con el inicio de la arribada, considerando que estas corrientes asegurarían un ahorro en energía y su presencia podría acumular compuestos químicos y comida en la columna de agua.

OCE-18 CARTEL

OBSERVACIONES HIDROGRÁFICAS, SEDIMENTOLÓGICAS Y BENTÓNICAS EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Quintanilla Zurita Alejandra, Ramírez Aguilar María Isabel,
Ramírez Mendoza Rafael y Ortiz Figueroa Modesto
CICESE
aquintanilla@cicese.edu.mx

El Alto Golfo de California (AGC) es la zona norte del Golfo de California (GdC) comprendida entre los puertos de San Felipe, puerto Peñasco y el delta del Río Colorado donde se encuentra la reserva de la biosfera del Alto Golfo de California y Delta del río Colorado. Es una de las zonas con mayor abundancia de organismos bentónicos asociada a diferentes procesos físicos como circulación por mareas y resuspensión de sedimento. El objetivo de este trabajo es presentar la distribución y abundancia relativa de los organismos bentónicos en el AGC y su relación con los diferentes ambientes hidrográficos y sedimentarios de la región. Se utilizaron muestras de sedimento de fondo y datos hidrográficos de CTD obtenidos en las campañas oceanográficas “Vaquita” a bordo del B.O. Río Tecolutla durante el verano del 2016 y octubre de 2017.

OCE-19 CARTEL

DISPERSIÓN DE CLOROFILA-A EN LA COSTA DE JALISCO

Manrique Cantillo Andrea Patricia, Pantoja González Diego Armando y Filonov Anatoliy
Universidad de Guadalajara, UDG - CUCEI
andreamanrique.ing@gmail.com

Dadas las escasas investigaciones que se tienen en la Costa de Jalisco relacionadas con la dispersión de Clorofila-a, la conectividad que se presenta en el sistema marino costero y la interacción de dichas partículas con las variables climatológicas que se presentan en el área de estudio, es necesario plantear metodologías que permitan identificar y definir cuál es el comportamiento de estas partículas de clorofila. Se entiende la importancia ecológica y económica que tiene la clorofila, puesto que, en un futuro, el conocer el movimiento en la zona costera puede ser de utilidad en actividades como la pesca por la relación que presenta respecto a la productividad primaria. En este estudio se presenta un enfoque Bayesiano dados los resultados de un modelo numérico que simulan el movimiento de partículas por varios forzamientos, mediante el software Delft-3D para inferir la estimación de los parámetros que dan lugar a lo observado durante el año de estudio de las imágenes satelitales que se tienen de la NASA.

OCE-20 CARTEL

VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR DEBIDAS A EL NIÑO EN LAS COSTAS DEL PACÍFICO MEXICANO

Hernández Sotelo Katia y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 katia.h.sotelo@ciencias.unam.mx

Como consecuencia de la dinámica oceánica ecuatorial que precede al El Niño-Oscilación del sur (ENOS), existe un aumento del nivel del mar por la acumulación de agua en la región oeste del Pacífico. Una vez que el forzamiento atmosférico disminuye, el sistema tiende al equilibrio, y el agua acumulada se desplaza en dirección este en forma de una onda de Kelvin. Al llegar a las costas de América esta onda se propaga en dirección a los polos como onda atrapada a la costa, provocando temperaturas altas y perturbaciones en el nivel del mar. Debido a que el ENOS es una perturbación con características moduladas en escalas de tiempo de semanas a meses, se realizó un procesamiento para identificar la magnitud de la variación del nivel del mar asociada a ENOS, para cada una de las estaciones de monitoreo. Para el análisis se consideró el índice ENOS. Se obtuvo la tendencia de largo plazo y fué removida. Se identificaron las frecuencias de las ondas de Kelvin atrapadas a la costa y se obtuvieron las señales características de la fase fría del ENSO.

OCE-21 CARTEL

GIROS CICLÓNICOS EN LA BAHÍA DE CAMPECHE

Díaz Flores Miguel Ángel¹, Salas de León David Alberto² y Monreal Gómez María Adela²

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México., UNAM

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México., UNAM
 diazmig@geofisica.unam.mx

En el océano existen giros de diferentes tamaños, los cuales pueden ser ciclónicos o anticiclónicos dependiendo de su sentido de giro. Los giros transportan energía, masa y diversos organismos por lo cual adquieren gran relevancia. Su estudio resulta de vital importancia a la hora de describir y entender algunos procesos que ocurren en los mares a diferentes escalas espacio-temporales. En particular, la Bahía de Campeche en el sur del Golfo de México, se caracteriza por tener una circulación de tipo ciclónica semipermanente. Los datos de corrientes registradas en la campaña oceanográfica FIBAC IV y los datos de altimetría del mar obtenidos con sensores remotos, permitieron identificar y describir algunas características de los giros ciclónicos que se presentaron durante este estudio.

OCE-22 CARTEL

ABUNDANCIA DE DINOFLAGELADOS Y DIATOMEAS >20µM EN LA ZONA MÍNIMA DE OXÍGENO FRENTE A CABO CORRIENTES (PACÍFICO MEXICANO), DURANTE ABRIL DEL 2018

Gutiérrez Bravo Juan Gerardo¹, Sánchez Robles Citlalli², Bazán Guzmán Carmen²,
 Lara Lara Rubén², Mercado Santana José Alfredo² y Färber Lorda Jaime²

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, CICESE
 jug2_16@alu.uabcs.mx

Los componentes fitoplanctónicos son los organismos autótrofos más abundantes dentro de las tramas tróficas de los océanos y por tanto juegan un papel primordial en la fijación de carbono. Los dinoflagelados y diatomeas son los más abundantes dentro del microfitoplancton en regiones templadas y tropicales. En este estudio se cuantificaron y analizaron la abundancia de diatomeas (penales y centrales) y dinoflagelados (tecados y desnudos) mayores a 20 µm, de las muestras de agua de mar colectadas entre 5 y 108 m de profundidad de 9 estaciones dentro del transecto B del crucero oceanográfico PROCOMEX XII, ubicado entre las coordenadas 20.2 LN 105.9 LO y 20.3 LN 108.9 LO, a bordo del B/O Alpha Helix, entre el 18 y 23 de abril de 2018. La cuantificación se realizó a través del método de Utermöhl. Además, se midieron células de algunas estaciones, para comparar sus tamaños por medio del programa NIS analysis de Nikon. Se observaron abundancias celulares de entre 1, 300 y 270, 000 células L⁻¹. En la estación costera B1, se observaron características de una zona eutrófica, ya se presentaron una alta abundancia celular (siendo la más alta, por dos órdenes de magnitud), valores altos de clorofila (5.75 mg m⁻³) y fluorescencia, y altas abundancias relativas de diatomeas centrales y penales de gran tamaño (mayores a 100µm). En cambio, en las estaciones oceánicas, se observó una menor abundancia de células, así como la dominancia de dinoflagelados desnudos, que representaron el 62% de la abundancia total. El perfil de fluorescencia del CTD describe dos máximos de fluorescencia en los que se encontraron altas abundancias celulares. El primer máximo de fluorescencia se encontró a 50m de profundidad, extendiéndose a través de todo el transecto, presentando mayor abundancia celular y una abundancia relativa de diatomeas de 1842 células L⁻¹. El segundo máximo de fluorescencia se observa en las estaciones más costeras, pero se pierde a ~100km de la costa. Se observaron marcadas variaciones en la abundancia de los componentes tróficos analizados, relacionadas a las condiciones ambientales imperantes en la zona de estudio como temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia, así como a eventos de surgencias.

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizadores:

Blanca Buitrón Sánchez

Ligia Pérez-Cruz

PALEO-1

GASTERÓPODOS ORDOVÍCICOS DEL RANCHO LAS NORIAS (SONORA CENTRAL, MÉXICO)

Reyes Montoya Dulce Raquel¹, Cuen Romero Francisco¹,
Buitrón Sánchez Blanca Estela² y Palafox Reyes Juan José¹

¹Universidad de Sonora

²Universidad Nacional Autónoma de México
dulcereyesm@hotmail.com

En México los afloramientos del Ordovícico se encuentran en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Oaxaca. La Formación Pozo Nuevo del Ordovícico inferior aflora en el Rancho Las Norias y el Rancho Pozo Nuevo ubicados en el centro del estado de Sonora. La Formación Pozo Nuevo está compuesta de una secuencia carbonatada de 200m de espesor, incluyendo dos unidades, la primera unidad se compone de caliza con intraclastos de lutita, la segunda unidad se compone de caliza masiva la cual contiene gasterópodos como *Maclurites magnus* Le Sueur, 1818, *Lecanospira compacta* (Salter, 1859), *Hormotoma gracilis* (Hall, 1847) y *?Fusispira* sp. También se incluyen *Brachiopoda Rhynchonellata* (*Orthidiella* sp.) y *Trilobita Phacopida*: *Ectenonotus westoni* (Billings, 1865) como fauna asociada. Los taxa identificados corresponden al Ordovícico inferior (Tremadociano-Floiano). El registro de la fauna permite asociarla con otras regiones de Norteamérica las cuales se desarrollaron en un ambiente marino de plataforma somera.

PALEO-2

BRAQUIÓPODOS PÉRMICOS DE CHIAPAS, MÉXICO. NUEVOS CONOCIMIENTOS ESTRATIGRÁFICOS Y PALEOBIOGEOGRÁFICOS

Heredía Jiménez Daniela Paulina¹, Torres Martínez Miguel
Angel², Buitrón Sánchez Blanca Estela² y Barragán Ricardo²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
herediadanyau@gmail.com

Se reportan 11 especies de braquiópodos pérmicos pertenecientes a la Formación Paso Hondo, localizada en la región de Chicomuselo, sureste de Chiapas, México. De estas, *Dyros* (*Tetragonetes*) *rectangulatus*, *Costispinifera rugatula*, *Echinosteges tuberculatus*, *Tropidelasma furcillatum*, *Acosarina rectimarginata*, *Tautosia transenna*, *Composita hapsida* y *Neospirifer venezuelensis* representan nuevos registros para México. Además se describe a *Chonosteges cooperi* como una nueva especie. Los ejemplares se encontraron depositados en calizas y calizas arcillosas de una localidad ubicada al este del pueblo de Monte Redondo, los cuales estaban asociados con otros grupos de invertebrados como corales rugosos, microcónquidos, hederelloideos, briozoos y crinoideos. El registro de los braquiópodos permitió correlacionar los niveles superiores de la Formación Paso Hondo con unidades estratigráficas típicas del Guadalupiano de Norteamérica, en particular con las formaciones Cherry Canyon y Road Canyon de Texas en los Estados Unidos. Esto sugiere que la edad de la Formación Paso Hondo no solo se extiende desde Artinskiano al Kunguriano (Pérmico temprano), tal como se había señalado en trabajos previos, sino que podría extenderse hasta el Roadiano (Pérmico medio). Además, la unidad litoestratigráfica de Chiapas se correlaciona con la Formación Chochal de Guatemala, la cual presenta una edad kunguriano-roadiana en su sección Chixoy. La presencia de taxones típicos del Pérmico medio del sur de los Estados Unidos en la Formación Paso Hondo sugiere que las faunas de Chiapas también formaron parte de la denominada Provincia Grandiana durante el Pérmico medio, la cual incluye a Texas, Nuevo México, Guatemala, Venezuela y noroeste de México.

PALEO-3

BIOZONACIÓN DE AMMONITES DEL APTIANO DE LA PROVINCIA FAUNÍSTICA DEL ATLÁNTICO CENTRAL

Moreno-Bedmar Josep Anton

¹Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México
josepamb@geologia.unam.mx

Durante el 2013 el autor del presente resumen y sus colaboradores estudiaron los ammonites del Aptiano de una sección estratigráfica del estado de Durango. En dicho trabajo se concluyó que las diferencias con la zonación de la región mediterránea estándar eran realmente importantes y que debido a ello era necesario construir una nueva biozonación para el Atlántico central que sería aplicable al sur de Estados Unidos, México y los países centroamericanos. Esta idea ha sido la piedra angular de las posteriores contribuciones del autor del presente resumen junto con sus colaboradores y estudiantes publicándose varios trabajos sobre ammonites del Aptiano de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Puebla, Sonora y Zacatecas. El eje vertebrador de la zonación que se está desarrollando es el registro de ammonites del Aptiano de México, el cual es prácticamente idéntico al del sur de Estados Unidos. De los países de Centroamérica tenemos poca información disponible sobre los ammonites del piso Aptiano pero afortunadamente no sucede lo mismo con los países del norte de Sur América: Colombia y Venezuela. Colombia

posee una asociación de ammonites esencialmente diferente a la mexicana y en Venezuela hallamos una compleja mezcla de ammonites colombianos, mexicanos y mediterráneos que son las formas europeas de aguas cálidas. En México la paleobiogeografía de los ammonites del Aptiano es también compleja. La necesidad de desarrollar una biozonación propia radica en la presencia dominante de especies endémicas de México y el sur de Estados Unidos así como de algunos géneros por ejemplo: *Burckhardtites*, *Huastecoceras*, *Kazanskyella* e *Immunoceras*. Sin embargo, en México existen también elementos claramente mediterráneos sobre todo a nivel de género pero también encontramos una especie con una clara afinidad colombiana: "Gargaceras" *adkinsi*. Colombia presenta una asociación de ammonites que informalmente denominamos "pacíficos" y que requerirían también de una biozonación propia. Actualmente estamos empezando a trabajar en los ammonites del Aptiano del estado de Michoacán con la hipótesis que podrían tener un marcado carácter "pacífico". Sumándose a esta complejidad encontramos el registro de ammonites del Aptiano del estado de Puebla, el cual presenta una cierta afinidad mediterránea, ausencia de elementos colombianos ("pacíficos") y presencia de dos especies que parecen endémicas, microendémicas, del centro de México. El desarrollo de una biozonación para el Atlántico central para el piso Aptiano, y que progresivamente esperamos ir haciendo extensiva a todo el Cretácico Temprano, permitiría fechar de forma precisa las rocas del Cretácico Temprano de México y de los otros países donde dicha biozonación es aplicable. Si bien este es el objetivo principal de esta línea de investigación el potencial de la misma es mucho mayor. Entender con detalle la paleobiogeografía de los ammonites nos permite también entender la compleja paleogeografía de las cuencas cretácicas. La llegada de ammonites foraneos, mediterráneos o colombianos a México tiene que ver con la paleogeografía de dichas cuencas pero también con los eventos transgresivos globales. Ambos elementos están a su vez relacionados con las velocidades y movimientos relativos de las placas tectónicas asociadas a la apertura del atlántico y la subducción pacífica.

PALEO-4

ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO BASADO EN FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DE LA FORMACIÓN GUZMANTLA (TURONIANO-SANTONIANO) EN LA SIERRA DE ZONGOLICA, MÉXICO

Monier Castillo Alejandro, López-Palomino Isabel, Palma-Ramírez Arturo, Ramírez-Chávez Juan Manuel, Zárate-López Javier, Sáenz-Pita Rebeca y Flores-Cadenas Blenda Esmeralda
¹Léxico Estratigráfico de México, Servicio Geológico Mexicano, SGM
alejandromonier@sgm.gob.mx

La formación Guzmantla aflora ampliamente en la Sierra Madre Oriental, dentro de los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz; específicamente en la Cuenca de Zongolica, así como en el subsuelo de la Cuenca de Veracruz. En estudios previos, se establece una edad del Coniaciano-Santoniano, aunque localmente se considera con un alcance hasta el Cenomaniano tardío o Turoniano. En el presente estudio se estudiaron a detalle seis secuencias estratigráficas ubicadas en las localidades Amatitla, Tlacotepec, Cochapá I, Cochapá III, Las Palmas y Ocotempa en la porción centro-oriental de la Cuenca de Zongolica, dentro de los estados de Veracruz y Puebla. Estas localidades se encuentran geográficamente entre las coordenadas 18°26'57"-18°27'32" Lat. N y 96°49'22"-96°57'18" Long. W. En estas localidades la formación Guzmantla se constituye de caliza gris oscuro en roca sana a gris claro al intemperismo, parcialmente recristalizada y dolomitizada. Se presenta en estratos que varían desde delgados hasta muy gruesos, con espesores de 10 cm a 65 cm, y en ocasiones con apariencia masiva. Intercalados en las calizas, se observan horizontes arcillosos de color café claro. El estudio bioestratigráfico de los foraminíferos planctónicos reconocidos en las muestras estudiadas permitieron reconocer 3 biozonas que caracterizan el Cretácico Tardío (Cenomaniano más tardío-Santoniano). Zona de Rango Parcial Marginotruncana sigali. Esta biozona se reconoció en la localidad Amatitla, y se caracteriza por la presencia de *Planoheterohelix* *moremani*, *P. reussi*, *Whiteinella* *paradubia*, *W. baltica*, *W. aprica*, *Whiteinella* sp., *Marginotruncana* *sigali*, *Marginotruncana* sp., *Muricohedbergella* *planispira*, *Clavhedbergella* *moremani*, *C. simplex*. Zona de Intervalo *Dicarinella* *concovata*. Se identificó en las localidades Tlacotepec, Cochapá I y Ocotempa, donde se distingue por *Dicarinella* *concovata*, *Whiteinella* *paradubia*, *W. baltica*, *W. archaeocretacea*, *Whiteinella* sp., *Planoheterohelix* *reussi*, *Planoheterohelix* sp., *Marginotruncana* *coronata*, *M. pseudolinneiana*, *M. sigali*, *M. renzi*, *M. schneegansi*, *M. tarfayaensis*, *Marginotruncana* sp., *Globigerinelloides* *caseyi*, *G. bollii*, *Globigerinelloides* sp., y *Muricohedbergella* sp. Finalmente, la Zona de Rango Total *Dicarinella* *asymetrica*. En las localidades Cochapá III y Las Palmas se reconoció esta biozona, donde se caracteriza por *Dicarinella* *asymetrica*, *D. concavata*, *Marginotruncana* *pseudolinneiana*, *M. renzi*, *M. coronata*, *Marginotruncana* sp., *Globotruncanella* *stuartiformis*, *G. elevata*, *Globotruncana* *bulloides*, *G. lapparenti*, *G. linneiana*, *Globotruncana* sp., *Contusotruncana* *forficata*, *Contusotruncana* sp., *Planoheterohelix* *reussi*, *P. globulosa*, *Pseudotextularia* *nuttalli*, *Ventilabrella* *eggeri*, *Globigerinelloides* *ultramicrus*, *G. bollii* y *Globigerinelloides* sp. Con base en lo anterior, la edad de la formación Guzmantla en la Sierra de Zongolica va del Turoniano tardío al Santoniano. El presente trabajo aporta datos micropaleontológicos y bioestratigráficos que contribuyen sustancialmente en la realización de correlaciones cronoestratigráficas regionales y globales.

PALEO-5

ICNITAS DE MAMÍFERO EN LA FORMACIÓN COATZINGO (EOCENO-OLIGOCENO), PUEBLA, CENTRO DE MÉXICO

Palma-Ramírez Arturo¹, López-Palomino Isabel¹, Sáenz-Pita Rebeca¹, Bravo-Cuevas Víctor², Cabral-Perdomo Miguel¹, Monier Castillo Alejandro¹ y Montoya-Vázquez Ana Luz³

¹Léxico Estratigráfico de México, Servicio Geológico Mexicano

²Laboratorio de Paleontología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

³Gerencia de Documentación Técnica, Servicio Geológico Mexicano
arturopalma@sgm.gob.mx

Entre las huellas documentadas en México, las mejor representadas pertenecen a las de dinosaurios, mientras que las icnitas de mamíferos son escasas y únicamente se reportan en los estados de Coahuila, Jalisco y Puebla. En este trabajo reportamos pisadas de mamíferos pobremente preservadas que fueron descubiertas en la localidad de San Mateo Mimiapan, sureste de Puebla. Las huellas se encuentran en una secuencia compuesta de areniscas tobáceas y mudstone de color verde pálido con textura sacaroide que forman parte de la Formación Coatzingo (Eoceno-Oligoceno), la cual se interpreta como una cuenca lacustre de baja energía. Existen tres rastros bien diferenciados. La distribución espacial de dos de ellos sugiere que los animales se movieron en una progresión de marcha normal, mientras que el tercero se asociaría con una progresión más rápida. Este "rastro principal" se compone de 16 huellas con una trayectoria predominante S-SE. Todas las icnitas aparecen como epirrelieves cóncavos cuyo contorno va de redondeado a suboval, con impresiones de dos pezuñas elípticas divididas por una cresta central. Los bordes exteriores de las impresiones de los dedos son convexos, mientras que los bordes interiores son difusos. Su longitud es mayor que su ancho. De acuerdo con estos atributos, las huellas son similares a las producidas por mamíferos ungulados (Artiodactyla). La identidad precisa del organismo productor así como la velocidad de progresión se evaluarán en estudios posteriores.

PALEO-6

GOMPHOTHERIUM HONDURENSIS EN LAS FAUNAS DEL NEÓGENO DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Carranza y Castañeda Oscar y Aranda Gómez José Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM
carranza@geociencias.unam.mx

En las faunas del Henfiliano-Blancano de México, se han mencionado diferentes registros de gonfoteridos, basados solo en molares aislados y fragmentos de colmillos, los cuales son difíciles de distinguir entre los géneros Gomphotherium, Rhynchotherium, Stegomastodon y Cuvieronius, por lo cual no son considerados válidos. En trabajos recientes en las cuencas de Juchipila y Tecolotlán, Jalisco, se colectó material diagnóstico que se ha referido a Gomphotherium hondurensis, siendo la primera descripción de esta especie en faunas del centro de México. Los caracteres que lo identifican son M2 trilofodonto, M3 tetralofodonto con un talón formado por dos cúspides que al incrementar su tamaño forman un cuarto lofo, un cingulum bien desarrollado y cada lofo solo se encuentra un trébol y un postrito simple. En la cuenca de Juchipila, se describe un paladar completo de Gomphotherium hondurensis con M2-M3; un m3, y colmillos superiores con una ancha banda de esmalte, así como colmillos inferiores que no tienen esmalte. En Landa de Matamoros, Querétaro, se describió la única mandíbula y paladar con M2-M3 del mismo individuo que se conoce. La fauna asociada descrita de Juchipila y edades radiométricas obtenidas de las cenizas volcánicas relacionadas con los fósiles dieron resultados de 6.59 Ma, que determina la edad de Henfiliano temprano, misma edad que la fauna de Gracias en Honduras. En la cuenca de Tecolotlán, Jalisco, se colectó una mandíbula con la sínfisis alargada dirigida hacia abajo en un Angulo de 33° y el hasta mandibular dirigido posteriormente en ángulo mayor de 90°, que la diferencia de las especies de Rhynchotherium, además se colectaron dos colmillos superiores que tienen una ancha banda de esmalte que es característico de esta especie. Estos registros han contribuido a confirmar que Centro América, no fue un centro de diversificación de proboscídeos como ha sido mencionado, además eliminan la hipótesis que el género Rhynchotherium se originó en Centro América. Los registros de Gomphotherium hondurensis del centro de México permiten concluir que el género Rhynchotherium se originó en las faunas del Henfiliano de América del Norte incluyendo las faunas de la misma edad de México. Proyecto PAPIIT 1N102817

PALEO-7

VALORES ISOTÓPICOS DE ESTRONCIO DE LOS CAMELLOS DE LAGUNA DE LAS CRUCES, SAN LUIS POTOSÍ

Pérez-Crespo Víctor Adrián¹, Schaaf Peter², Solís Pichardo Gabriela³, Arroyo-Cabrales Joaquín⁴ y Torres-Hernández José Ramón⁵

¹Instituto de Geología, IGM

²Instituto de Geofísica

³Instituto de Geología

⁴Instituto Nacional de Antropología e Historia

⁵Instituto de Geología-UASLP

vapc79@gmail.com

Laguna de las Cruces es una localidad del Pleistoceno tardío donde se han hallado restos de diversas especies de mamíferos herbívoros, uno de ellas es el camello, Camelops hesternus. Los estudios isotópicos de carbono y oxígeno han revelado que estos animales fueron organismos de dieta mixta C3/C4 y habitaban en un pastizal; sin embargo, un aspecto que no ha sido evaluado es si los individuos de esta especie hallados en esta localidad eran residentes o migraban, por lo que usando las relaciones isotópicas de estroncio presente en el esmalte dental, comprobamos si migraban o no. Se analizaron muestras de esmalte dental de cinco individuos por medio del espectrómetro de masas TRITON PLUS del Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica del Instituto de Geofísica de la UNAM y, los valores de 87Sr/86Sr obtenidos fueron comparados con las relaciones isotópicas de estroncio procedentes de las plantas y suelos de Armadillo de los Infantes, Cedral, Cerritos, Charcas, Laguna de las Cruces, La Presita Blanca, Los Pinos-Altamira, Mina de San Antonio, Paso del Águila, Río Verde y Tepetate, todo en San Luis Potosí. Las comparaciones indican que los valores isotópicos de estroncio de cuatro individuos son similares al de las plantas y suelos de Laguna de las Cruces, mientras que para un individuo su valor de 87Sr es diferente al de todos los sitios muestreados. Esto indica que la población de camellos de Laguna de las Cruces está conformada en su mayor parte por individuos residentes y uno era migrante, lo cual indica que solo algunos individuos se desplazaban a otros sitios en búsqueda de alimento y agua. PAPIIT IA104017

PALEO-8

MORFOLOGÍA DE LA FAMILIA CASSIDULIDAE L. AGASSIZ & DÉSOR, 1847 (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) EN MÉXICO (FÓSILES Y RECIENTES)

Buitrón Sánchez Blanca Estela¹, Solís Marín Francisco Alonso², Conejeros Carlos³, Laguarda Alfredo³ y Caballero Andrea³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
blancab@unam.mx

La familia Cassidulidae está compuesta por seis géneros, los géneros Rhyncholampas A. Agassiz, 1869; Cassidulus Lamarck, 1801; Eurhodia Haime in d'Archiac & Haime, 1853 y Oligopodia Duncan, 1989 albergan especies recientes, mientras que los géneros Glossaster Lambert, 1918 y Paralampas Duncan & Sladen, 1882 tienen especies exclusivamente fósiles. Dentro del registro fósil de casidúlidos en México, la familia Faujasidae cuenta con dos especies reportadas para el Cretácico: Hardouinia aequorea (Morton, 1834) y Petalobrissus burckhardtii Lambert, 1936. Dentro de la familia Cassidulidae, Cassidulus mexicanus Kew, 1920, es una especie con grandes semejanzas con la especie reciente Rhyncholampas pacificus (A. Agassiz, 1863). Particularmente dentro de los géneros actuales, la especie del género monoespecífico Rhyncholampas y las especies del género Cassidulus presentan problemas taxonómicos; en diversos trabajos se ha considerado al género Rhyncholampas como sinónimo del género Cassidulus, tomando en cuenta la semejanza que existe entre la forma y las proporciones de la testa. En México la familia cuenta con dos representantes actuales: Rhyncholampas pacificus (A. Agassiz, 1863) distribuido dentro de los límites de las costas del Pacífico mexicano y Cassidulus caribaeorum Lamarck, 1801, distribuida en el Golfo de México y Mar Caribe. En trabajos anteriores se ha tratado de confirmar la validez del género Rhyncholampas utilizando estudios morfométricos y moleculares; sin embargo, los resultados no han sido concluyentes ya que las diferencias son mínimas. En el presente trabajo se evalúan las diferencias entre ambas especies utilizando caracteres morfológicos de macro (forma y tamaño de la testa y forma de espinas primarias) y microestructuras (pedicelarios y espículas) con la finalidad de dar a conocer más información sobre la morfología del grupo con la intención de explorar caracteres que puedan coadyuvar a dar una mejor identificación taxonómica paleontológica. Proyecto UNAM, DGAPA-PAPIIT No. IN108717

PALEO-9 CARTEL

TRILOBITES Y CONODONTOS DEL PALEOZOICO INFERIOR DEL OESTE DE ARIVECHI, SONORA, MÉXICO

Becuar Daniels André, Castillón Isai, Espinoza Iván,
Cuen Romero Francisco y Palafox Reyes Juan José
Universidad de Sonora, UNISON
a.becuar@gmail.com

Las rocas del Cámbrico y Ordovícico se encuentran poco representadas en México, como es en los estados de Sonora y Oaxaca. En el estado de Sonora los afloramientos del Paleozoico Inferior incluyen las localidades Rancho Pozo Nuevo, Rancho Las Norias, Arivechi, San José de Gracia, Sierra Las Mesteñas, Sierra Agua Verde (Matape), Sierra La Casita, Sierra Cobachi, entre otras. Al oeste de Arivechi, Sonora, se encuentra aflorando rocas del Paleozoico Inferior en los Cerros La Sata, El Mogollón y El Santísimo. El Cámbrico se encuentra representado por la Formación La Sata y Formación el Mogollón con litología de lutitas y calizas principalmente, en las cuales se observan gran contenido fósil de trilobites y braquiópodos de manera general en lutitas rojizas y en una pequeña zona de lutitas verde-marrones. El Ordovícico se encuentra representado por la Formación El Santísimo en calizas dolomitizadas de forma casi exclusiva con gran contenido de conodontos en las unidades inferiores, y medias, con los hallazgos de *Acanthodus deltifera*, *Acontiodus arcuatus*, *Oepikodus intermedius*, *Drepanodus forceps*, *Reutterodus andinus*, *Aodus kechikaensis* y *Scolopodus subrex*; con una pérdida casi total en su contenido fósil en la unidad superior debido a una recristalización causada por la afección de rocas volcánicas.

PALEO-10 CARTEL

NUEVOS REGISTROS DE BRAQUIÓPODOS CARBONÍFEROS DEL ÁREA DE SANTIAGO IXTALTEPEC, OAXACA

Torres Martínez Miguel Angel¹ y Sour Tovar Francisco²
¹Instituto de Geología, UNAM
²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
miguelatm@geologia.unam.mx

Se reportan 13 formas de braquiópodos carboníferos del área de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochistlán, Oaxaca: tres representantes de la formación Santiago (unidad informal): *Ozora* sp., *Tolmatchoffia keokuk* y *Marginatia* sp., y diez de la Formación Ixtaltepec: *Desmoinesia* aff. *D. muricata*, *Productus concinnus*, *Antiquatonia* sp., *Stegacanthia bowsheri*, *Martinezchaconia luisae*, *Undaria* sp., *Orthotetes mixteca*, *Derbyia* sp., *?Schuchertella* sp. y un género de buxtoniino indeterminado. Estos especímenes se localizaron en distintos niveles estratigráficos de ambas unidades, permitiendo determinar la edad de las rocas portadoras. *Ozora* sp., *Tolmatchoffia keokuk* y *Marginatia* sp. señalaron una edad del Tournaisiano-Viseano (Misisípico Temprano) para los niveles basales de la formación Santiago. Las especies *Productus concinnus*, *Stegacanthia bowsheri* y *Undaria* sp. corroboraron una edad viseano-serpukhoviana (Misisípico Tardío) para los niveles inferiores de la Formación Ixtaltepec, mientras que *Desmoinesia* aff. *D. muricata* y *Orthotetes mixteca* confirmaron la edad bashkiriana-moscoviana (Pensilvánico Medio) para los niveles superiores de esta misma unidad. Los taxa estudiados presentan gran afinidad con las faunas carboníferas de la región del centro-este de los Estados Unidos, en particular con las de la Paleoprovincia del Mid-Continent. *Martinezchaconia luisae* representa un género y especie nuevos, y el registro de los géneros *Desmoinesia*, *Ozora*, *Tolmatchoffia*, *Marginatia*, *Stegacanthia* y *Undaria* así como la especie *Productus concinnus* es el primero que se hace para México.

PALEO-11 CARTEL

ESTUDIO PRELIMINAR DE AMMONITES DE LA TRANSICIÓN FORMACIONAL CUPIDO- LA PEÑA EN EL ANTICLINAL DE SANTA ROSA DE MÚZQUIZ, COAHUILA

González García Joel, Valdés Gutiérrez Dionicio Alejandro, Torres González Ernesto,
Román Villareal Ricardo Alexander y Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UdeC
joel1414@outlook.es

Se han realizado estudios paleontológicos de los ammonites pertenecientes a la Formación La Peña en el noreste de México, que a otros investigadores les ha permitido establecer biozonas del Aptiano. En nuestra zona de estudio realizamos un perfil estratigráfico de 90 metros de espesor en la transición de la Formación Cupido- La Peña en el anticlinal de Santa Rosa de Múzquiz, Coahuila. Este perfil se compone principalmente de calizas de espesores gruesos que van desde los 40 cm hasta más de 1 metro para la Formación Cupido y se tienen calizas de 20 cm a 40 cm de espesor con intercalaciones de lutitas que van de los 4 cm a 15 cm de espesor y horizontes de pedernal para la Formación la Peña, donde se colectaron e identificaron 20 ejemplares de ammonites completos y moldes externos (en la parte superior de la Formación La Peña). Dentro de los ejemplares completos se tienen 6 pertenecientes a *Colombiceras* sp., 5 de *Epicheloniceras subbuxtoni* y 4 de *Dufrenoyia justinae* y para los 5 ejemplares de moldes externos se asigna

Burckhardtites todos pertenecientes a la biozona *Dufrenoyia furcata*. El estudio de estos ammonites representa los resultados previos de una tesis de licenciatura de la carrera de Ingeniero Geólogo para correlacionar 2 perfiles más dentro del terreno tectonoestratigráfico Coahuila, ya que esto ayudará a determinar biozonas y su ambiente de depósito en esta parte del noreste de México.

PALEO-12 CARTEL

ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL EN LA TRANSICIÓN FORMACIONAL LA MULA-CUPIDO EN LA "MURALLA", POBLADO SAN PATRICIO, COAHUILA

Castro Escobar Anahi, Morales Nandin Gretha Paola, Díaz
Herrera Emmanuel y Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UdeC
anahitsscass@hotmail.com

El presente trabajo tiene como objetivo la realización de un estudio paleoambiental con el propósito de identificar las microfácies de la transición de las Formaciones La Mula – Cupido específicamente en el anticlinal La Gavia en la zona denominada como la "Muralla" dentro de la Cuenca de Sabinas localizada a 190 kilómetros de Monclova, Coahuila. Donde se realizó un perfil estratigráfico que se compone para La Formación La Mula de lutitas, caliza arcillosa con intercalaciones de areniscas de espesores que van desde los 15 cm hasta los 50 cm respectivamente con estratificación paralela y cruzada, y para la Formación Cupido calizas de más de 1 metro de espesor que presentan estilolitas, icnofósiles de *Thalassinoides* sp., rudistas y tapetes estromatolíticos. Se colectaron 30 muestras a cada 50 cm para realizar secciones delgadas y posteriormente analizarlas microfacialmente en un perfil de 15 metros de espesor, como resultado de este análisis se identificaron microfósiles tales como: miliólidos, ostrácodos, pellets, gasterópodos con un alto grado de mineralización lo que ayudó a que los fósiles estén morfológicamente bien definidos, además se tiene una dominancia de matriz micrita en las muestras analizadas, en cuanto a las Microfacies se tiene desde la MFZ 2 a MFZ 7 y FZ 2 y FZ 7 para la parte superior de la Formación La Mula y para base de la Formación Cupido de MFZ 8 a la MFZ 18 y FZ 7 y FZ 8 lo que nos indican que se tuvieron condiciones paleoambientales variantes a nivel local, pasando desde un ambiente de rampa externa a laguna somera y plataforma restringida, esto se atribuye a que esta zona y sus facies estuvieron controladas por cambios eustáticos referentes a la geología estructural de la Cuenca de Sabinas.

PALEO-13 CARTEL

DESCRIPCIÓN DE MICROFÓSILES Y DETERMINACIÓN DE MICROFACIES CORRESPONDIENTES A SECCIONES DELGADAS DE ROCA CALIZA DE LA FORMACIÓN EAGLE FORD

Ibarra Moreno Julio Antonio de Jesús, García
Rodríguez Habid y González Martínez Leonela Aimee
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UdeC
antoniomorib@gmail.com

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación de la materia de Paleontología Aplicada que cursan estudiantes del séptimo semestre de la carrera de Ingeniero geólogo de la Escuela superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos de la Universidad Autónoma de Coahuila. El objetivo principal de realizar este proyecto es la determinación y descripción del paleoambiente al cual perteneció la formación Eagle Ford, previamente estudiada. Para esto se realizaron laminas delgadas de las calizas aflorantes de la formación mencionada, dicho afloramiento con ubicación en la carretera 57, tramo Nueva Rosita-Allende (Coahuila de Zaragoza) con coordenadas (UTM WGS 1984) 14 N 0293235 3116969. El estudio de los microfósiles de dichas laminas nos proporciona datos claves sobre las microfácies a las cuales pertenece, estas siendo un conjunto de criterios paleontológicos y sedimentológicos (petrológicos) las cuales son de gran utilidad para poder dar una interpretación y reconstrucción paleoambiental de la zona estudiada. Para la correcta descripción se utilizaron parámetros aprendidos en clase y teniendo como referencia el libro *Microfacies of carbonate rocks analysis* de FLUGUEL. Gracias a esto pudimos identificar que las láminas estudiadas pertenecen a un mismo a un mismo SMF (Sistematic Microfacie), FZ (Microfacie Zone) y RMF, teniendo un cambio insignificante en cuanto a la cantidad, tamaño, distribución, etc. de organismos.

PALEO-14 CARTEL

**CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE DATOS PARA
ANÁLISIS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA
APLICADA EN FÓSILES DE LA FAMILIA
CASSIDULIDAE L. AGASSIZ Y DESOR, 1847**

Rosas Pulido Marco Antonio, Buitrón Sánchez Blanca
Estela, Laguarda Alfredo y Solís Marín Francisco Alonso
Instituto de Geología, UNAM, IG1
marosas@ciencias.unam.mx

La familia Cassidulidae L. Agassiz y Desor, 1847, está representada por más de 40 especies fósiles y sólo 8 especies actuales registradas, por lo que se considera un grupo en proceso de extinción y agotamiento de caracteres. El proceso de evolución incluye todos los mecanismos de cambio genético que ocurren a lo largo del tiempo, promoviendo la adaptación de un organismo a un determinado entorno ambiental, y dando origen a nuevas especies reproductivamente aisladas. Se entiende como tasa evolutiva o velocidad de evolución al ritmo de cambio, ya sea morfológico o taxonómico, que se da en un grupo por unidad de tiempo. La aplicación de la morfometría geométrica como método de análisis, puede ayudar a entender los cambios morfológicos en los géneros y en las especies de casiduloides a través del tiempo geológico, desde su origen en el Albiano, (Cretácico) hasta el Reciente. La variación de la forma entre las configuraciones se puede visualizar como una gráfica de dispersión de coordenadas de puntos de referencia, como vectores de desplazamiento de los mismos, o como una cuadrícula de deformación (método de funciones radiales) o mediante un análisis de componentes principales de las coordenadas de estos puntos estimando su distorsión, que permite ponderar valores tanto en sentido positivo como negativo. La cantidad de diferencia de forma entre dos configuraciones se puede cuantificar como la distancia de Procrustes parcial y la variación de forma dentro de una muestra se puede cuantificar como la distancia Procrustes parcial media de la media muestral. La evolución es un proceso y un resultado, al desarrollar un sistema de bases de datos permite la integración de la información de diferentes fuentes en una sola estructura de tablas relacionales. A partir de la integración de esta base de datos se puede incorporar, la información de resultados obtenidos de los diferentes softwares de análisis de morfología geométrica (TpsDig2, Morphometrics). Los datos que integran la tabla de especímenes incluyen las dimensiones en tres ejes, centroide, tamaño promedio, error estándar, entre otros, estos como resultados de los análisis realizados. Proyecto UNAM, DGAPA-PAPIIT No. IN108717

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizador:
David Novelo

RN-1

ZONIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO DE LAS MITRAS, ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

Viveros Ramírez Daniel, Chapa Guerrero José Rosbel,
Chávez Cabello Gabriel y Méndez Delgado Sóstenes
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
dviveros23@gmail.com

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es la tercera ciudad más importante 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. Esto ha provocado, desde la década de los 70's, un crecimiento descontrolado de la mancha urbana, dando lugar a la población civil de 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 existente, 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. La elaboración de este estudio permitirá tener un mejor control en cuestiones geotécnicas, en próximos asentamientos humanos en estas zonas o en otras zonas que puedan ser sometidas a estudios bajo esta metodología. Además, se establece un mejor control, a través planificación y prevención, de los riesgos que afectan a esta región, resaltando la mitigación a las colonias ya existentes. Esto se pretende llevar a cabo por medio de una escala de colores, denotando los diferentes tipos de Peligros y Riesgos Geológicos.

RN-2

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Ramos Velázquez Ernesto, Flores Camacho Luis Francisco y Cuevas Ceseña Angel Raúl
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
eramos@uabcs.mx

La ciudad de La Paz está localizada, en su mayor parte, sobre la planicie aluvial del valle de La Paz, la cual desemboca en la laguna costera del mismo nombre. A medida que la ciudad se ha ido desarrollando, se han ocupado gradualmente áreas aledañas, compuestas por cerros de origen sedimentario y volcanosedimentario, con características físicas muy variables. El crecimiento de la ciudad ha sido acelerado, principalmente debido a la migración desde el resto del país, lo cual ha provocado que la población aumente de manera notoria. Por ejemplo, en el período de 1990 a 2010 la zona urbanizada se incrementó en un 23.2%, asociado directamente a un incremento de la población de 137 741 a 251 871 habitantes. La mayor proporción de crecimiento ha ocurrido hacia el sur de la ciudad, donde existen áreas relativamente planas, mientras que hacia el norte la urbanización ha sido menor, y en las laderas de los cerros. Este crecimiento de la urbanización ha sido con escaso orden, lo que ha llevado a que existan asentamientos irregulares, sin control alguno por parte de la autoridad municipal, generando problemas debido a que se desconocen las características geológicas de los sitios utilizados. Aunado a la urbanización acelerada, ocurre el incremento en la demanda de los materiales utilizados en estas construcciones, como arena, grava y piedra, principalmente. A su vez, esta demanda de materiales genera problemas ambientales subsecuentes, debido a que se incrementa la cantidad de sitios para su extracción que, en la mayoría de los casos no son los más apropiados para ello, o la extracción no sigue un procedimiento apropiado. Entre los principales riesgos que se han reconocido están los asentamientos irregulares en zonas de cauces de arroyos, así como los deslizamientos de ladera y caída de rocas. Especialmente se ha encontrado una relación de riesgos por la presencia de taludes de roca inestables con la presencia de obras mineras realizadas para la extracción de materiales de construcción. Esto es porque durante las actividades de extracción modifican la topografía y los cauces de los arroyos, ya que tradicionalmente no se ha seguido un orden en las obras de explotación en las canteras, especialmente en la etapa de abandono del sitio. El riesgo de estas obras se incrementa al combinarse con el aumento de las áreas urbanizadas, ya que la población cada vez está más cerca de los sitios que se están utilizando como canteras, exponiendo a una cantidad de población cada vez mayor. Es por esto que el presente trabajo se enfoca en el estudio de las características

geológicas de la zona urbana de la ciudad de La Paz, para identificar las zonas de riesgo y, posteriormente, realizar labores más detalladas en estos sitios. Con esto se podrá caracterizar el tipo de riesgo y poder proponer medidas de mitigación y/o ser utilizado como un factor de decisión al momento de urbanizar las zonas.

RN-3

ANÁLISIS DEL RIESGO GEOLÓGICO EN LA RED DE CAMINOS DEL ESTADO DE NAYARIT

Aranda Carrillo Grecia Grisbert
Instituto Tecnológico de la Construcción, ITC
gregriaracar@gmail.com

Los caminos son en buena parte motor de desarrollo de las comunidades así como rutas de evacuación en caso de emergencias, por lo cual en las últimas décadas han sido prioritarias en los planes de desarrollo a todos los niveles. El estado de Nayarit al occidente del país forma parte importante como puente de comunicación entre el centro y el norte del país a través de la carretera federal número 15 México-Nogales. Las costas del pacífico con las que colinda el estado son las más susceptibles a eventos sísmicos según la caracterización por la Comisión Federal de Electricidad en 2015, Nayarit cuenta con las tres aceleraciones de suelo más altas de acuerdo a esta clasificación. El presente trabajo aborda la identificación de puntos de intersección de fallas o fracturas con la red carretera al año 2017 en el estado y zonas con riesgo de deslizamiento de laderas, a su vez la descripción y análisis por medio de Sistemas de Información geográfica basados en los datos vectoriales proporcionados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Los resultados obtenidos arrojaron un total de 410 puntos de cruce con la infraestructura, de los cuales 59 son fallas y 351 fracturas. Las conclusiones abarcan parámetros de clasificación, mapas, tablas con estadísticas de cada municipio y evaluación donde se puntualiza el tipo y magnitud del riesgo, misma información que puede ser utilizada para planificaciones de monitoreo y mantenimiento o Atlas de riesgos.

RN-4

AMENAZA SÍSMICA MEDIANTE EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN PUERTO VALLARTA Y ÁREA METROPOLITANA

Flores Navarro Karen Leticia
Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa
karenl_flores@hotmail.com

Grandes terremotos eventualmente ocurren a lo largo de los márgenes de las placas convergentes o zonas de subducción. Puerto Vallarta y su área metropolitana, se encuentran dentro de una de estas regiones tectónicas, conocida como Región de Bahía de Banderas, en la cual la microplaca Rivera subduce debajo de la placa de Norteamérica, y al igual que muchos otros márgenes de placa, es una región sísmicamente activa. Puerto Vallarta, constituye una ciudad con crecimiento medio, en donde su principal actividad económica es el turismo. Es una urbe costera expuesta a la actividad sísmica, tal como lo han demostrado los trabajos científicos en materia de tectónica, geología y sísmica, pero no cuenta con estudios precisos que evalúen la inminente amenaza sísmica, y los demás factores involucrados en su riesgo, existiendo poco material que contribuya al diseño de políticas públicas, en pro de la reducción del riesgo sísmico. El objetivo principal de esta investigación, es determinar la zonificación de la amenaza sísmica en Puerto Vallarta y su Zona Metropolitana, que además de presentar la perspectiva científica del fenómeno, sea útil para la toma de decisiones en materia de protección civil y construcción. La amenaza sísmica se obtuvo aplicando el método de Evaluación Multicriterio, que permitió la integración de seis factores cualitativos y cuantitativos, representativos de la zona de estudio. Se aplicaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), para el tratamiento de las múltiples variables interactuantes. Los criterios elegidos para la evaluación del potencial sísmico fueron: aceleración máxima del suelo, suelos, tipo de roca, pendiente en grados, curvatura y acumulación de flujo, estos por considerarse relevantes en el comportamiento sísmico de la región. Cada criterio fue procesado en formato raster; los de tipo cualitativo como los suelos y el tipo de roca, pasaron por una jerarquización previa, en la que se les asignó un orden de acuerdo a su potencial de propagación sísmica. Los 6 criterios fueron normalizados para su integración, en un rango de 0 a 1. Por último, se les asignó un valor de ponderación o peso, aplicando un proceso de red analítica también conocido como matriz de Satty (1996), con el cual se definió un valor de influencia de 0 a 1, para cada capa, que sumados dan un total de 1. El resultado final es un mapa de amenaza sísmica, que zonifica el área de estudio en 5 niveles: baja, baja-medía, media, media-alta y alta. En las zonas con alta concentración poblacional y de infraestructura habitacional y hotelera, consideradas de mayor importancia, la amenaza sísmica fue alta al noroeste, media al centro, y una mezcla heterogénea de amenaza media-alta y baja al noreste de la zona de estudio. Con los resultados de este trabajo, se pretende sentar las bases para trabajos futuros, que integren las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos en la zona de estudio, y que permitan definir un escenario de riesgo sísmico, como pauta para establecer medidas de mitigación y evitar la ocupación en sitios con altos niveles de amenaza sísmica.

RN-5

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL SISMO DE MAGNITUD 7.1 OCURRIDO EL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 QUE AFECTÓ EL ESTADO DE GUERRERO

Olmedo Cristina
Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED
colmedo@cenapred.unam.mx

El sismo del 19 de septiembre de 2017, con epicentro a una distancia de 300 km de la capital del estado de Guerrero generó afectaciones en el ámbito social, desglosadas en materia de vivienda, educación, salud y cultura. Fue el sector más afectado, ya que el impacto representó el 62.9 % del total del fenómeno. Además, se registraron fuertes afectaciones en la red carretera y en el sector ambiental. La ocurrencia del fenómeno significó que 19 municipios que comparten límites con los estados de Puebla y Morelos (epicentro del sismo) fueran catalogados con declaratoria de desastre natural y obtuviera apoyo del FONDEN. Tras el sismo se activó el protocolo de atención a desastres, por lo que el estado recibió apoyos para reestablecer la comunicación y los servicios básicos, y ejecutar acciones de limpieza y remoción de escombros. El impacto económico del sismo generó daños y pérdidas en la infraestructura social, económica y medio ambiental por el orden de los 1, 839.5 millones de pesos. El perfil demográfico de la región corresponde a un sector social que se encuentra en condiciones de pobreza extrema y tiene un alto porcentaje de población indígena. El índice de analfabetismo es alto y sobrepasa la media nacional, además de que el acceso a los servicios públicos básicos es limitado, la infraestructura carretera y de seguridad pública muestran carencias. Las rutas de acceso a las localidades que conforman la región son en su mayoría de terrefacto, por lo que están sujetas a deslaves en temporada de lluvias y ante la ocurrencia de fenómenos geológicos como el sismo ocurrido el 19 de septiembre, por lo que las comunidades tienden a quedar incomunicadas por varios días. Estas situaciones dificultan tanto la tarea de atención a la emergencia como la pronta recuperación de la sociedad ante eventos extraordinarios. El movimiento telúrico del pasado 19 de septiembre fue un recordatorio de la fuerza de la naturaleza, dejó un mensaje claro para la población y las instituciones (tanto públicas como privadas) e hizo hincapié en la importancia de cobrar conciencia de que México es un país con actividad sísmica a fin de revertir enfoques reactivos.

RN-6

EL FRACTURAMIENTO Y FALLAMIENTO POR SUBSIDENCIA DE UNA UNIDAD HABITACIONAL EN EL MUNICIPIO LA PAZ, ESTADO DE MÉXICO, ANTES Y DESPUÉS DE LOS SISMIOS DE SEPTIEMBRE DEL 2017 Y SU CORRELACIÓN CON EL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Zamudio-Ángeles David¹, Chávez-Segura René¹, Cifuentes Nava Gerardo¹,
Hernández Quintero Juan Esteban¹ y Silva-García José Teodoro²
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²CIIDIR-IPN, Michoacán
dzamudio@igeofisica.unam.mx

El principal sistema de estas estructuras, se presenta con una dirección SW-NE, NS Y NW-SE, observando un alineamiento en arco con dirección hacia el E-SE, el cual está caracterizado por dos fallas que guardan cierto paralelismo y cuya separación varía a través de la Unidad Tepozanes entre 5 y 25 m, mostrando un bloque hundido entre ambas. El máximo desplazamiento de las estructuras llega a tener un desnivel de 65 cm y una apertura de 32 cm, otras fallas tienen un desplazamiento que varía entre los 30 y 50 cm. Se manifiesta otro sistema de estructuras de semi-arco paralelo al sistema principal con una dirección SW-NE y NW-SE. El cartografiado de éstas fracturas y fallas, se realizó mediante un DRON SISTEMA eBee AG. Es importante recalcar que después de los sismos de septiembre del 2017 se incrementaron los desplazamientos de las fallas entre 5 y 30 cm en diferentes tramos de estas estructuras, así como la manifestación de nuevas fracturas y fallas. Este fenómeno acompañado de hundimientos diferenciales se manifestó a partir del año 2000. El alineamiento curvo de estas estructuras, puede deberse a la presencia en el subsuelo de un horizonte rocoso, posiblemente la parte distal de uno o varios derrames de lava, aparentemente del volcán Peñón del Marques que se localiza a 3.8 km al noroeste, y que se encuentra por debajo de las capas arcillosas de origen lacustre las cuales, es intercaladas en ocasiones con lentes de depósitos de cenizas del tamaño de las arenas, este cuerpo o cuerpos rocosos deben de estar más allá de los 20 metros de profundidad de acuerdo a datos e sondeos geomecánicos. El sistema de fallas y fracturas se aprecia perfectamente en el subsuelo en los estudios geofísicos de 15 líneas de Tomografía de Resistividad Eléctrica 2-D que se realizaron, donde se muestran resistividades muy bajas del orden de 1 a 10 Ohm/m, de 1 a 30 Ohm/m y de 1 a 50 Ohm/m, indicativo de zonas muy saturadas. Los contrastes de resistividades permitieron definir estas estructuras en el subsuelo hasta los 20 m de profundidad, en algunos casos, y definir, aquellas estructuras que aún no se manifiestan en la superficie.

RN-7

EL NUEVO SISTEMA DE MONITOREO SÍSMICO Y DE GENERACIÓN DE MAPAS DE INTENSIDADES PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

Pérez-Yáñez Citlali, Ramírez Guzmán Leonardo, Aguirre Jorge, Tejada Cristian, Macías Castillo Marco Antonio, Ayala Hernández Mauricio, Sandoval Héctor, Contreras Moises, Rábade Santiago y Baena Rivera Marcela Elvira
Instituto de Ingeniería, II-UNAM
cperezy@iingen.unam.mx

El manejo integral del riesgo sísmico en la Ciudad de México, requiere considerar la prevención, el monitoreo y la implementación de mecanismos que permitan auxiliar la toma de decisiones con información oportuna y de calidad después de un sismo importante. Con este objetivo, la Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería (II-UNAM), con la participación de otras entidades de la Universidad Nacional Autónoma, han desarrollado un sistema que permite, a través de una plataforma geoinformática, la consulta de mapas con baja incertidumbre de la distribución de intensidades y daños generados después de un temblor que afecte a la Ciudad de México. Los mapas son generados a partir de modelado numérico y técnicas de interpolación que permiten incluir las observaciones de las redes del II-UNAM y el Servicio Sismológico Nacional. Lo anterior reduce sensiblemente la incertidumbre en las estimaciones de movimiento. Además, la plataforma contiene un catálogo de sitios instrumentados, correspondientes a más de 400 puntos de medición de ruido ambiental en la zona de Lago, y estimaciones tanto de los periodos fundamentales del suelo como de la estructura geológica y geofísica de la capital. Los modelos tridimensionales de velocidades y los datos obtenidos se distribuirán a través de dicho sistema. El proyecto está financiado parcialmente por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECITI, Convenio SECITI/073/2016). Se agradece la participación del Instituto de Geografía por la implementación del sistema de información geográfico como plataforma de difusión. Agradecimientos. Personal de la Unidad de Instrumentación Sísmica que participaron en la instrumentación de los sitios y administración de los datos, son: Luis A Aguilar, David Almora, Gerardo Castro, Rosario Delgado, Miguel Leonardo, Israel Molina, Alejandro Mora, Ana L Ruiz, Miguel Torres, Ricardo Vázquez, Juan M Velasco, Servando R Cortes, Joaquín Sánchez y Eric Tejada.

RN-8

ANÁLISIS DEL RIESGO POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN VÍAS DE COMUNICACIÓN DEL GEOPARQUE COMARCA MINERA; CON DETALLE EN EL MUNICIPIO DE PACHUCA DE SOTO

Mora Chaparro Juan Carlos¹ y Cervantes Pina Ángel Jahudiel²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Posgrado
jcmora@igeofisica.unam.mx

Las vialidades de la región del Proyecto Geoparque Comarca Minera, Hidalgo son afectadas por diferentes mecanismos de procesos de remoción en masa, los cuales se relacionan con la inestabilidad del terreno; año con año dichos movimientos cierran parcialmente, bloquean y destruyen las carreteras que conectan a las diferentes regiones; esta problemática dio origen a la presente investigación, en la cual se analizó la susceptibilidad regional, con la finalidad de utilizarla de base en el desarrollo del mapa de riesgo de las vías de comunicación del municipio de Pachuca de Soto perteneciente a dicho proyecto, esto se realizó a través de la implementación de sistemas de información geográfica y verificación en campo. El análisis se llevó a cabo en dos etapas y varias escalas geográficas, primero se elaboró un mapa de susceptibilidad regional, utilizando el método de información ponderada, el cual se basa en la estadística de correlación de los procesos de remoción en masa y las clases de los factores que propician la inestabilidad. Posteriormente se analizó la relación que existe entre la susceptibilidad (muy baja, baja, media, alta o muy alta) y la infraestructura vial de carácter federal y estatal. Por último se realizó trabajo de campo, en el cual se implementó un formato evaluador que abarcó desde las condiciones geológicas en los taludes hasta el estado de las obras de prevención y el flujo vehicular que transita en las carreteras. La evaluación realizada en diferentes puntos de verificación delimitó zonas con peligro bajo, medio y alto dentro del municipio, utilizando de base la susceptibilidad obtenida de manera regional. Los resultados de este estudio han demostrado los diferentes niveles de susceptibilidad regional en cuanto a su infraestructura vial, en la cual se tiene el 56.36% en susceptibilidad muy baja, 23.62% en susceptibilidad baja, 9.11% en susceptibilidad media, 10.05% en susceptibilidad alta y 0.86% en susceptibilidad muy alta; mientras que en el mapa de riesgo del municipio de Pachuca de Soto se muestran 76.85 km de carreteras estatales en peligro bajo, 7.40 km en peligro medio y 15.63 km en peligro alto. En carreteras federales se determinó que 1.69 km se encuentran en peligro alto por inestabilidad de laderas. La metodología utilizada en esta investigación permitió identificar de manera secuencial, analítica y descriptiva los tramos en peligro por procesos de remoción en masa que presentan cortes de talud, así como su vulnerabilidad física asociada. Esta investigación es en sí una importante herramienta para la toma de decisiones en materia de protección civil y gestión del riesgo.

RN-9

GEOLOGICAL-GEOMECHANICAL CONTEXT OF ROCK SLOPE STABILITY OF THE CUITZEO REGION

Ramírez Guzmán Ángel Andrés¹, Pola Villaseñor Antonio²,
García Sánchez Laura³ y Garduño Monroy Víctor Hugo⁴

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

(ENES-Morelia), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Michoacán (IGUM).

⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT).

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

angel.ragu21@gmail.com

En el estudio de los procesos de inestabilidad de laderas en macizos rocosos intervienen gran cantidad de parámetros del entorno que deben ser considerados. La geomorfología, geología, clima y evolución tectónica de la zona de estudio son algunos de los más importantes. Sumado a lo anterior, las características propias de los macizos rocosos juegan un papel de igual o mayor importancia que las características del entorno. El comportamiento geomecánico de los macizos rocosos en gran medida corresponde a la interacción de factores como la génesis y las características espacio-temporal de las distintas unidades de roca y en gran medida a las propiedades geomecánicas de las discontinuidades y roca intacta. La región sur del lago de Cuitzeo se ha caracterizado por la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad de taludes antiguos y recientes. En esta investigación se realizó un modelo numérico de un deslizamiento antiguo, en una área de aproximadamente 2.0 km² y 200 m de altura y que ha sido generado por las características mecánicas de las unidades de roca y la interacción de factores externos como la evolución de al menos tres sistemas de fallas. Mediante trabajo de campo se reconstruyó la estratigrafía de la zona antes del deslizamiento, se realizó un análisis de fracturamiento para determinar los mecanismos de falla que gobiernan, se utilizó GSI para caracterizar la calidad de los macizos rocosos y el criterio de rotura de Hoek-Brown para obtener los parámetros característicos del macizo rocoso (#, c). Estos fueron asignados al modelo conceptual de la ladera y utilizados en la modelación numérica. La modelación fue realizada con Plaxis 2D, que es versátil en el análisis de problemas de inestabilidad en macizos rocosos altamente fracturados. Los resultados del trabajo de campo indican que la estratigrafía está compuesta por al menos tres secuencias de flujos ignimbriticos con sus correspondientes litofacies, así como flujos de lava con una densidad de fracturamiento muy alta. Debido a lo anterior y considerando las dimensiones y pendiente de la ladera, el mecanismo de falla que domina en la zona es el correspondiente a una falla general, muy similar al comportamiento de fallas en materiales granulares. Las características físicas, grado de soldamiento y a su vez el comportamiento mecánico de cada litofacie es muy variable y han condicionado en gran medida la construcción del modelo conceptual. En la caracterización geomecánica mediante GSI y la utilización del criterio de falla de Hoek-Brown se obtuvieron valores GSI: 25-45 y valores de ϕ : 42° y c : 43 KPa como parámetros característicos de la ladera. El factor de seguridad obtenido fue de 1.3 esto indica una ladera estable. Sin embargo, no se incluyeron condiciones extraordinarias como lluvias y sismos así como tampoco factores antropogénicos. Por lo tanto, se concluye que los procesos de inestabilidad en la zona fueron y son controlados por las características mecánicas de la matriz rocosa y el fracturamiento y son detonados por factores del entorno como los sismos, el clima y la evolución de la tectónica regional.

RN-10

ANÁLISIS, CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO A TRAVÉS DEL TIEMPO

Juárez Sánchez Andrea y Novelo Casanova David Alberto

Instituto de Geofísica
andjs15@gmail.com

Uno de los fenómenos que caracterizan y definen a los peligros de origen natural a los que se encuentra expuesta la Ciudad de México (CDMX) son las inundaciones. Desde el México prehispánico, la cuenca del valle de México ha sido transfigurada y concertada de un ambiente natural a un ambiente urbano. Sin embargo, a partir de La Nueva España, las anegaciones características del valle no se incluyeron como parte de la dinámica urbana de la Ciudad y, al contrario, significaron una de las mayores problemáticas en la capital del país. Diversos han sido los intentos por disminuir las afectaciones de las inundaciones en la CDMX. Una de las más importantes es la ingeniería hidráulica, en donde la planificación de las grandes obras de este tipo fue solo reactiva. Es decir, la infraestructura hidráulica se construyó de acuerdo con los daños registrados y no a la antelación de éstos. En este marco, se presenta un registro de las inundaciones acontecidas en la Ciudad de México desde el año de 1920 hasta el año 2017, considerando el origen, duración, magnitud y consecuencias de las anegaciones. Por su parte, estos datos son interpretados cartográficamente con el objetivo de delimitar las áreas históricamente más afectadas. También, se evalúa, compara y expone el por qué estas áreas son las más afectadas dentro de la Ciudad de México. Asimismo, el propósito de esta investigación es que los datos, productos cartográficos y metodología, sirvan como una herramienta útil en la medición del peligro por inundación en zonas urbanas. El proyecto es financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECITI, Folio No. 2941).

RN-11

FOTOGRAMETRÍA UAV APLICADA A LA DETERMINACIÓN DE UMBRALES DE INUNDACIÓN: CASO DE ESTUDIO TIXTLA, GUERRERO

Ramírez Corcino José Manuel, Pérez Gutiérrez Rosalva y Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaell

Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, ESCT-UAGRO
ramcor.93@gmail.com

La ciudad de Tixtla recurrentemente padece inundaciones por el aumento en el nivel del cuerpo de agua de Laguna Negra asociado a eventos meteorológicos extraordinarios; los cuales han provocado daños importantes, principalmente pérdidas materiales, que han perjudicado al desarrollo socioeconómico de la población. Siendo repetitivo el efecto de las inundaciones en esta zona, se planteó la necesidad de identificar los umbrales de precipitación mínima que inducen el desbordamiento del cuerpo de agua, considerando que la valoración de estos datos permitirá implementar medidas preventivas que reduzcan los efectos negativos que se generan tras el paso de eventos meteorológicos extraordinarios. Utilizando la fotogrametría digital, integrada con técnica de percepción remota y fotointerpretación, se obtuvo a través de vuelos programados de vehículos aéreos no tripulados (unmanned aerial vehicles UAVs), el modelo digital de elevación (MDE) de alta precisión que sirvió como base para el prototipo modelado de superficies 3D, así como el estudio geométrico para el desarrollo de inundaciones considerando las cotas de inundaciones históricas, los valores de precipitación acumulada y la altimetría. Se desarrollaron representaciones completas de planimetría como de altimetría de alta resolución del registro instantáneo tanto de cuerpo de agua como de las áreas urbanas y agrícolas circundantes; además de ortofotos para la ubicación de datos topográficos y morfológicos de precisión. Esta información digitalizada resultó de especial importancia para la generación de la delimitación cartográfica urbana, el inventario del volumen de agua y las condiciones del potencial de crecimiento por inundaciones en la ciudad de Tixtla. La correlación con los valores de precipitación acumulada, los datos obtenidos de MDE y las ortofotos permitió establecer los volúmenes de lluvia mínima para las áreas más vulnerables por inundación, desarrollando un mapa de umbrales por inundaciones y un mapa de zonificación por riesgo de inundación, que en conjunto representan el modelo digital de control de inundaciones de la ciudad de Tixtla. Adicionalmente, se caracterizaron las estructuras de disolución por karsticidad que muestran una relación estrecha con la dinámica del lago, determinando zonas de recarga del acuífero natural para la vigilancia y mantenimiento de cuerpo de agua, considerando que el modelado 3D generara un análisis interpretativo para desarrollar alternativas para la prevención por riesgos por inundación, así como por subsidencia kárstica.

RN-12

VARIACIÓN ESPACIAL DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES DE SUELO Y SU POTENCIAL VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, MÉXICO

Navarro-Estupiñán Javier¹, Vivoni Enrique², Díaz-Caravantes

Rolando³, Robles-Morua Agustín¹ y Hinojosa-Robles Eduardo⁴

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Arizona State University

³Colegio de Sonora

⁴Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN)
javiernavarroe@gmail.com

De acuerdo a las Naciones Unidas, más de la mitad de la población mundial habita en áreas urbanas y se espera que para el 2050 se incremente a un 66%. Esta acelerada urbanización ha provocado incrementos de temperatura en áreas urbanas al reemplazar suelos naturales por áreas construidas. Estas altas temperaturas están relacionadas con problemas de salud pública debido a la exposición de la población a episodios de calor extremo, los cuales ocurren con una alta variabilidad espacial como resultado de los distintos tipos de infraestructura que componen a las ciudades. En este estudio, se analizó la variabilidad de temperaturas superficiales en la ciudad de Hermosillo, México utilizando imágenes termales de Landsat 8 en un periodo de 5 años (2013 al 2017). A través de un análisis de persistencia, se identificaron zonas que tienen un comportamiento atípico a las condiciones promedio dentro de la mancha urbana. Este mapa de exposición al calor se integró con indicadores socioeconómicos del censo nacional del 2010 para generar mapas de vulnerabilidad. Esta trabajo provee información valiosa para el entendimiento de los impactos del calor extremo y para identificar a los sectores de la población más vulnerables, a su vez, puede ser útil para el desarrollo de estrategias de mitigación y campañas de prevención.

RN-13

UMBRAL DE PRECIPITACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE ANGANGUEO, MICHOACÁN

Torres Fernández Lucía¹, Hernández Madrigal Víctor Manuel², Capra Lucía¹ y Domínguez Mota Francisco Javier²

¹Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMNSH)
lucy_1075@hotmail.com

México está conformado en su mayoría por sistemas montañosos en los cuales se conjugan diversos factores geológicos, geomorfológicos, meteorológicos, entre otros, los cuales definen zonas geológicamente inestables. Existen sobre ellos desarrollos urbanos y rurales así como infraestructura civil, lo cual expone a los habitantes a una situación de riesgo potencial ante la generación de Procesos de Remoción en Masa (PRM), así como otros procesos destructivos asociados a zonas montañosas. La cantidad de lluvia que cae en las diferentes regiones de la República Mexicana, dependen fundamentalmente de los aspectos físicos, topográficos y geográficos del territorio; estos influyen en las variaciones del clima (López Filun, 2015). Se han hecho intentos para comprender mejor la relación entre la precipitación y el desarrollo de PRM, con el fin de diseñar sistemas de seguimiento, pronóstico y alerta temprana, que permitan reducir los efectos de estos procesos. Para poder establecer un sistema de alerta temprana es necesario relacionar la precipitación con la generación de PRM; los cuales en su mayoría son detonados por la precipitación debido al incremento en la presión de poro en la ladera, esto en conjunto con los factores condicionantes que pueden o no favorecer a la estabilidad de la ladera. Con el objetivo de analizar dicha relación se presenta un análisis de precipitación durante 24 horas, los cuales son asociados a PRM desencadenados en febrero del 2010 en el Municipio de Angangueo, Michoacán, México, para lo cual se analizaron umbrales de precipitación, mediante la relación de Caine Intensidad-Duración (I-D). Lo cual indica que a partir de los 75 mm registrados durante 24 hrs se tendría un umbral crítico para la detonación de PRM.

RN-14

VULNERABILIDAD FÍSICA Y EVALUACIÓN MULTI-RIESGO COMO HERRAMIENTA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. CASO DE ESTUDIO: CUENCA DE MOTOZINTLA, CHIAPAS

Ponce Pacheco Ana Bertha P.¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
poncepachecoab@gmail.com

Las características físicas y ambientales en una cuenca podrían condicionar el efecto de algunos peligros como las fuertes lluvias o los terremotos. En el caso de fuertes lluvias, es posible que éstas produzcan efectos como deslizamientos de tierra o inundaciones y en el caso de terremotos se podrían generar también deslizamientos de tierra. Con el propósito de determinar la vulnerabilidad física de una cuenca es importante tomar en cuenta sus características como tipo y estructura del suelo, capacidad de infiltración, textura, pendiente, y geología. También, deben considerarse las propiedades bióticas que incluyen tipo de vegetación y profundidad de sus raíces. Otros elementos importantes son el uso del suelo y la cobertura vegetal. En este estudio se evaluó la vulnerabilidad física de la cuenca de Motozintla en el estado de Chiapas, a deslizamientos de tierra e inundaciones con el objetivo de determinar las áreas de mayor susceptibilidad a sufrir daños en caso de fuertes lluvias o terremotos. Con este conocimiento, es posible establecer zonas adecuadas para el crecimiento urbano o áreas apropiadas para el desarrollo de infraestructura y viviendas y hasta la reubicación de la población expuesta a mayores daños o con mayor susceptibilidad a ser dañadas. En este trabajo se realiza un análisis multi-riesgos para determinar las zonas adecuadas para la construcción de obras e identificar aquellas regiones que requieren atención especial mediante el estudio espacial de la vulnerabilidad física al peligro prevalente por sismos y lluvias extremas en la cuenca de Motozintla. Proyecto desarrollado con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (PAPIIT No. IN111217).

RN-15

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Hernández Aurora¹, Novelo Casanova David Alberto², Ponce Pacheco Ana Bertha P.³, García Arróliga Norlang Marcel⁴, Méndez Estrada Karla Margarita⁵, Hernández Bello María Guadalupe⁶ y Juárez Sánchez Andrea³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

⁵Instituto de Geofísica

marlex053@gmail.com

La Ciudad de México está expuesta a diversos peligros de origen natural y antrópico. Para estimar el nivel de riesgo en el cual se encuentra la Ciudad ante la ocurrencia de un fenómeno determinado, es indispensable estimar su vulnerabilidad. La vulnerabilidad socioeconómica refleja las características de la población, el acceso de ésta a la educación, a los servicios de salud y a los servicios básicos en la vivienda. Conocer el nivel de la vulnerabilidad socioeconómica de la población permite identificar las localidades más susceptibles a ser dañadas debido a un desastre. En este estudio se evaluó a la vulnerabilidad socioeconómica de la Ciudad de México a nivel AGEB, para lo cual se eligieron 13 indicadores que se dividen en cinco categorías: Salud, Educación y conocimiento, Vivienda, Empleo e ingresos y Población. Se presentarán las características metodológicas y el análisis de los resultados dentro del marco del proyecto financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECITI, Folio No. 2941).

RN-16

CURVAS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA TECHOS DE VIVIENDAS ANTE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA. CASO DE ESTUDIO: UNIÓN JUÁREZ, CHIAPAS

Hernández Bello María Guadalupe¹ y Novelo Casanova David Alberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
bluestar_06@hotmail.com

Las erupciones volcánicas pueden llegar a desencadenar desastres debido a que este tipo de eventos afectan, directa e indirectamente, la vida, salud, actividades y pertenencias de las personas expuestas. Las erupciones de tipo explosivo expulsan fragmentos de pómez, roca sólida, ceniza y gases volcánicos. El material emitido durante las erupciones de tipo explosivo forma una columna eruptiva vertical que alcanza en pocos minutos varios kilómetros por encima del cráter. El material expulsado se clasifica de acuerdo con su tamaño en ceniza (<2 mm), lapilli (2-64 mm), bloques y bombas (>64 mm). La acumulación de lapilli y ceniza en zonas cercanas y lejanas al centro eruptivo en ocasiones pueden provocar el colapso de los techos de casas y edificios. En el presente estudio se analiza la vulnerabilidad estructural ante la caída de ceniza volcánica de los techos de las viviendas ubicadas en la cabecera del Municipio de Unión Juárez, en el estado de Chiapas. Como posibles escenarios, se considera una erupción del volcán Tacaná, ubicado en Chiapas y de los volcanes Santa María y el Santiaguito ubicados en Guatemala. El principal objetivo es de esta investigación es desarrollar un método para evaluación de la vulnerabilidad estructural de techos y edificaciones debido a la sobrecarga por la caída de ceniza volcánica. La evaluación de vulnerabilidad permite estimar el grado de daño probable de la estructura en cuestión. Como parte de este trabajo, se realizó el vuelo con un dron en el área de estudio, para posteriormente realizar una ortofoto con la cual se determinó el tipo de techo de cada vivienda los cuales fueron clasificados y agrupados de acuerdo a los daños esperados con base en su tipología, distancias entre apoyos y estado físico. Con esta información se obtuvieron diferentes curvas de vulnerabilidad estructural para cada tipo de vivienda considerando cargas con espesores de ceniza de 1, 3, 5, 10, y 30cm. La representación espacial de los resultados obtenidos serán representados en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Proyecto desarrollado con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (PAPIIT No. IN111217)

RN-17

EL ATLAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE MÉXICO: MITO, LEYENDA, O REALIDAD

Novelo Casanova David Alberto¹, Suárez Reynoso Gerardo¹, Ponce Pacheco Ana Bertha P.², Hernández Hernández Aurora³, Juárez Sánchez Andrea¹ y Hernández Bello María Guadalupe²

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM
dnovelo@geofisica.unam.mx

El Atlas de Riesgos de la ciudad de México (CDMX), ¿es un mito, una leyenda o una realidad? Es casi un mito porque pocas personas claman haberlo visto y consultado. Es de acceso restringido y nadie puede asegurar si es realmente un Atlas de

Riesgos. Es casi una leyenda porque varias personas indican que lo han utilizado en situaciones de emergencias y desastres y que les ha sido útil para la planeación de la respuesta. También, es posible que sea una leyenda porque algunos consideran que hasta el momento se han elaborado dos versiones del Atlas (¿o quizás tres?). Dando por hecho que existen dos versiones del Atlas, la tercera versión del Atlas de Riesgos de la CDMX es una realidad. Se encuentra actualmente en desarrollo bajo la coordinación del Instituto de Geofísica con la participación de varios investigadores de la UNAM. En este "nuevo" Atlas, se consideran únicamente los siguientes tipos de peligros: sismos, erupciones volcánicas, subsidencia, agrietamiento, incendios forestales, procesos de remoción en masa, e inundaciones. Con el propósito de estimar el riesgo, se evaluará la distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica y se realizarán estudios detallados de vulnerabilidad en sitios previamente seleccionados en cada una de las 16 alcaldías de la CDMX. Resultados preliminares demuestran que aproximadamente el 7% de la población de la CDMX se encuentra en niveles entre alto y muy alto de riesgo sísmico. El propósito del Atlas es proveer una herramienta de trabajo para los tomadores de decisiones con el propósito de implementar acciones de respuesta así como de prevención y mitigación del impacto de los desastres. Las características técnicas y resultados recientes del proyecto serán presentados. El proyecto es financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECITI, Folio No. 2941).

RN-18

CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA DE MACIZOS ROCOSOS EN ROCAS VOLCÁNICAS EN LA REGIÓN DE CUITZEO, MICHOACÁN

Sereno Villaseñor Hugo Ivan¹, Pola Villaseñor Antonio¹, Pacheco Valdovinos Pedro Martín², Ramírez Guzmán Ángel Andrés², Correa Gómez José Guadalupe¹, Torres Velázquez Itzayana² y Villanueva Carmen Alitzel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad de Guanajuato
hugoivansereno@gmail.com

Las obras de ingeniería que se realizan en macizos rocosos requieren la asignación de información detallada de las características de la matriz rocosa y las discontinuidades. Esta tarea resulta compleja debido a la interacción de diferentes factores geológicos (p. ej. efectos tectónicos) particulares de cada sitio. En general, las características petrofísicas de la matriz rocosa y geométricas de las unidades de roca dependen de la génesis de cada depósito y condicionan el comportamiento mecánico del macizo. Un ejemplo claro de la complejidad del estudio de los macizos rocosos es la región de Cuitzeo, compuesta por diferentes unidades volcánicas (p. ej. ignimbritas, flujos de lava) localizadas en un régimen de extensión activo, donde su dinámica ha creado al menos tres sistemas de fallas y fracturas regionales. En particular, las características físicas y mecánicas de las unidades de roca en conjunto con los sistemas de fallas, han provocado inestabilidad en los taludes de las autopistas 14D, 15D Y 43D. La inestabilidad de los taludes localizados a lo largo de los tramos carreteros antes mencionados, en particular los que se encuentran en el borde sur del lago de Cuitzeo, se han estudiado con base a diferentes clasificaciones geomecánicas (p. ej. RMR, SMR), análisis básicos de laboratorio (p. ej. carga puntual, densidad por intrusión de helio), uso de softwares comerciales (p. ej. Plaxis) y análisis de los factores de seguridad. El uso de estas herramientas, en conjunto, permitieron caracterizar el comportamiento geomecánico de los materiales involucrados en cada talud, así como la dinámica de rotura y su relación con características locales y regionales como la geometría y orientación del corte, la calidad de la obra civil, la litología y las características físicas y dinámicas de los sistemas de fallas involucrados. Se resalta que hay un vínculo estrecho entre las características litológicas, la geometría y orientación espacial de los cortes y su relación con el sistema de fallas y fracturas regional: De acuerdo al análisis de las clasificaciones geomecánicas, la mayoría de los taludes compuestos por una secuencia de litofacies ignimbritica corresponden a una clase media baja (III SMR), con procesos de inestabilidad en casos extraordinarios (p. ej. lluvias), lo que es congruente con lo que se ha observado en campo. Simultáneamente, los diversos grados de alteración de las ignimbritas, así como las diferencias relativas al grado de soldamiento y resistencia, resultan determinantes en la estabilidad de los macizos rocosos. A su vez, los taludes compuestos por flujos de lava andesítica corresponden a una clase más baja (IV SMR), con procesos de inestabilidad bajo condiciones normales. Por otro lado, se realizó la simulación de la trayectoria de bloques característicos la cual indica en algunos casos, una trayectoria máxima de 12 m de deslizamiento a partir del borde de la cuneta. La simulación numérica básica muestra que, debido a la alta persistencia de las fracturas la relación entre la altura del corte y la separación de las discontinuidades, se genera un comportamiento de rotura de tipo plástico, comportamiento más parecido al de un material friccionante.

RN-19

3-D ROCKFALL SIMULATION MODEL USING TERRESTRIAL LIDAR IN THE ACTIVE PAJACUARAN FAULT, MEXICO

Vargas Sánchez Marlene¹ y Hernández Madrigal Víctor Manuel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
marlene.vs.17@gmail.com

The Pajacuaran Fault, located northwest of the state of Michoacan, experienced an intense rockfall event at the beginning of November 2013 due to an exceptional rainy season. The high precipitation regime and the local seismic activity, as well as the rugged topography the town of Pajacuaran has been built in, couple with the lack of a proper urban development plan to contribute to the rockfall hazard in the area. Therefore, this investigation focuses on a rockfall trajectory study by means of a 3-D simulation model based on point cloud processing obtained from terrestrial laser scanning (TLS). Along the active Pajacuaran geological fault, we conducted a detailed rockfall inventory and a total of six scans to acquire coordinates of more than 135 million points. The point clouds allowed us to reconstruct the shape and dimensions of the blocks from the source zones and identify the exact position of the objects of interest such as trees and buildings. A 1-meter resolution digital elevation model (DEM) was then created to define the topography of the slope. By applying the simulation model, Rockyfor3D, we were able to determine the reach probabilities and estimate the runout zones of falling rocks, in addition, to quantify their kinetic energies, velocities and passing heights for each point along their fall path. Ultimately, these results provide useful information to predict the potential rockfall threat and create susceptibility maps and hazard zone maps. Our findings can be helpful to authorities in charge of decision making with regards to disaster prevention and mitigation, as well as to aid in the regulation of future expansion in these hazardous settings.

RN-20

GENERACIÓN Y EVOLUCIÓN DE FALLAS Y FRACTURAS DEBIDAS A LA SUBSIDENCIA DEL VALLE DE AGUASCALIENTES: RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ESTUDIO CON MODELOS A ESCALA

Pacheco Martínez Jesús, Herrera León William Herbe, Hernández Marín Martín y González Cervantes Norma
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
jesus.pacheco@edu.uaa.mx

La subsidencia por sobreexplotación de agua subterránea es un proceso gradual y continuo la cual se manifiesta como un hundimiento regional de unos cuantos centímetros por año; debido a esto no es percibida por los habitantes de las zonas afectadas, sino hasta que se generan hundimientos diferenciales que resultan en la formación de fallas y fracturas, y/o en la reactivación de estructuras geológicas antiguas generadas previo al comienzo del proceso de subsidencia. La traza de las discontinuidades abarca una franja de terreno en donde se generan hundimientos diferenciales de unos cuantos centímetros por año, que pueden llegar a formar un escarpe de una altura superior a un metro, induciendo daños a las construcciones y a la infraestructura. Debido a esto, estas discontinuidades son la principal preocupación para los planificadores del desarrollo urbano y los constructores en zonas de subsidencia. En el valle de Aguascalientes, se han observado fallas superficiales de este tipo de varios kilómetros de largo, con aberturas observables en la superficie de hasta 3 metros de ancho y profundidades de más de 10 metros, sin haberse aún determinado la profundidad total alcanzada por las discontinuidades. Aunque se sabe que la morfología de la traza de una falla por subsidencia, está condicionada por la estratigrafía, por las propiedades mecánicas de los rellenos del acuífero y por la forma del lecho rocoso que subyace a los rellenos compresibles, aún no está dilucidado cual es la influencia de cada uno de estos factores ni su relación entre ellos. En este trabajo se presentan los resultados de una campaña experimental con modelos a escala, realizada para obtener información sobre la influencia del piso rocoso en el proceso de formación y evolución de fallas y fracturas asociadas a subsidencia diferencial, y sobre la morfología superficial de dichas discontinuidades; es decir, sobre el tamaño de su escarpe y su ancho de la franja activa. Resultados preliminares mostraron que las fallas se forman preferentemente sobre el punto de cambio de pendiente del piso rocoso; y que el ancho de la zona activa de fallamiento y fracturamiento, depende principalmente de la forma del piso rocoso; y en segundo término, de las propiedades mecánicas del relleno granular que conforma al acuífero.

RN-21

ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA DIFERENCIAL CON CONTROL ESTRUCTURAL (SDCE) EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., MEDIANTE TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Figuerola Miranda Sócrates¹, Tuxpan Vargas José¹, Hernández Madrigal Víctor Manuel² y Ramos Leal José Alfredo³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT
sfm_09@yahoo.com.mx

En México, la subsidencia es un peligro geológico que afecta a millones de personas en casi 100 ciudades. El fenómeno se clasifica principalmente en dos categorías: i) Subsidencia Tipo Ciudad de México (STCM), identificada en 1925 por Roberto Gayol y representativa de las ciudades asentadas en la Cuenca de México, y ii) Subsidencia Diferencial con Control Estructural (SDCE) reportada a inicios de 1980 en ciudades como Aguascalientes, Querétaro, Celaya y Morelia, asentadas sobre valles tectónicos del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano y la Mesa Central. Particularmente, en la ciudad de Morelia, la SDCE fue identificada en el año de 1983 y desde entonces ha sido estudiada desde diferentes enfoques. Actualmente se conoce que los mecanismos de hundimiento y fallamiento del terreno están controlados por un sistema de fallas normales con orientación NE-SW. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de técnicas InSAR (SBAS y PS), así como el análisis comparativo entre estos y aspectos geológico-antropogénicos lo que ha permitido evaluar el panorama actual de la SDCE. Por un lado, InSAR muestra un comportamiento temporal aparentemente lineal de la subsidencia, con tasas máximas de hasta 3 cm/año; mientras que la distribución espacial está claramente controlada por las fallas normales. El hundimiento acumulado en la última década es de casi 30 cm y responde particularmente al abatimiento del nivel freático y el espesor de sedimentos compresibles. Además, se observa que en los últimos años las tasas de hundimiento se han reducido en la mayoría de los bloques caídos de las fallas, excepto en el bloque de la falla La Colina, donde estas se han incrementado en un 50%. Finalmente, el trabajo realizado podría estar generando los insumos necesarios para el desarrollo de modelos de inundación que permitan evaluar la influencia de la SDCE en el peligro futuro por inundaciones.

RN-22

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE SERIES DE TIEMPO INSAR DE UNA DEFORMACIÓN GRAVITACIONAL PROFUNDA DE LADERAS. CASO DE ESTUDIO CAÑÓN DE YERBABUENA, AHUALULCO, S.L.P.

Villaseñor Reyes Cecilia Irene¹, Hernández Madrigal Víctor Manuel², Dávila Harris Pablo¹ y Tuxpan Vargas José¹

¹División de Geociencias Aplicadas, IPICYT

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
cecilia.villaseñor@ipicyt.edu.mx

Las deformaciones gravitacionales profundas de ladera (DGPL) se desarrollan con profundidades de decenas de metros, y con movimientos lentos que desplazan millones de metros cúbicos durante largos periodos de tiempo. Esta deformación lenta pero constante genera daños a estructuras civiles, promueve condiciones ideales para el desarrollo de procesos de remoción en masa (PRM) secundarios de menor tamaño y el posible colapso abrupto de todo el material involucrado. A nivel mundial, las DGPL han sido estudiadas desde los años 50's. Sin embargo, en México el estudio de los PRM se ha enfocado a fenómenos de menor dimensión, rápidos y superficiales. No obstante, en años recientes, algunos casos de DGPL han ganado notoriedad entre la población e investigadores por sus efectos adversos a mediano y largo plazo. Uno de estos casos es la DGPL Cañón de Yerbabuena, activa al menos desde hace 15 años y localizada a 4 km al noroeste de la localidad la Yerbabuena, municipio de Ahualulco, S.L.P. Afecta principalmente 1,500 m de la carretera federal número 63 y pone en peligro a la población local. Con el objetivo de caracterizar la ladera inestable, se realizó un inventario de las morfo-estructuras y deslizamientos secundarios dentro del área afectada; así como un análisis de la cinemática de deformación a través de series de tiempo InSAR. Para esto último se procesaron 27 imágenes Sentinel (2015-2018) mediante el programa SNAP y el algoritmo StaMPS/MTI. El basamento de Ahualulco corresponde a sedimentos marinos y clásticos continentales del Cretácico que forman parte de la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Cubriendo discordantemente éstas secuencias están las formaciones volcánicas Cenozoicas del Complejo Volcánico de San Luis Potosí (complejos de domos félsicos, lavas, ignimbritas y otros depósitos piroclásticos), afectadas por fallamiento normal (arreglo dominó) que dio lugar a fosas tectónicas estrechas. La DGPL se desarrolla en este contexto tectónico sobre una ladera con pendiente hacia el noreste y perpendicular al sistema de fallas regional. Tiene un ancho de 900 m por 1,000 m de largo y una diferencia topográfica de 230 m (2,300-2,070 m.s.n.m.). Dentro de la zona afectada existen rasgos morfo-estructurales que evidencian la actividad de la DGPL, tales como: contra-escarpe de 10 m y múltiples escarpes secundarios de 2 a 4 m en la parte superior; grietas de tensión de hasta 40 cm de ancho; deslizamientos rotacionales (hasta 160 m de ancho) y zonas de desprendimiento activas en la parte media; por último, la zona baja se caracteriza por abultamiento y desarrollo de deslizamientos

rotacionales menores. Los resultados InSAR muestran una tasa de deformación de 2.4 a 29.7 mm/año. Cerca del 60% de los retro-dispersores presentan una tendencia lineal y se concentran en ambos flancos y la parte superior de la DGPL. Por otro lado, la parte central de la ladera tiene una tendencia no-lineal, coincidiendo con las zonas de mayor movimiento e indicando una aceleración que comenzó alrededor de septiembre de 2016.

RN-23

MONITOREO INSTRUMENTAL DE LAHARES EN EL SECTOR NORESTE DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Zaragoza Campillo Ana Gabriela¹ y Nieto Torres Amiel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, 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 analizaron las estaciones de monitoreo acústico de flujos (AFM), instaladas en las barrancas del sector NE del volcán Popocatepetl, por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), dichas estaciones detectan las vibraciones del terreno causadas por flujos de escombros y flujos hiperconcentrados. El análisis de los datos de las tres estaciones AFM instaladas en las barrancas Tenenepanco, Espinera y Huiloac, arrojaron que, desde junio de 1997 a julio de 2015, se han registrado 65 eventos, de los cuales 16 se registraron en dos estaciones, que por su ubicación pueden considerarse como los eventos más grandes. De estos eventos se reporta la hora de inicio, la duración total, velocidad y volumen. Para los eventos que se registraron en dos estaciones se corroboró la información con imágenes tomadas por las cámaras instaladas en las estaciones Altzomoni y Tlamacas, encontrando confirmación visual para siete de ellos. Los resultados obtenidos muestran que los rangos de volumen oscilan entre 10^4 y 10^6 m³, la velocidad promedio es de 2.83 km/h y la duración promedio es de una hora 23 minutos. Estos valores señalan que los eventos que se han generado son de magnitud pequeña, sin embargo, los eventos del 23 de mayo del 2000 y 6 de octubre del 2005, son de un orden de magnitud mayor al lahar generado en 2001, que es considerado uno de los eventos más grandes en el actual periodo de reactivación del volcán. Los meses en los que han ocurrido el mayor número de eventos fueron mayo, julio, agosto y diciembre, en los tres primeros meses, los eventos pudieron ser ocasionados por lluvia, ya que se encuentran dentro del periodo de lluvias. En el caso del mes de diciembre este pudo ser ocasionado por deshielo. Finalmente, los resultados obtenidos muestran que varios lahares, de magnitud pequeña, se forman en los cauces de estas tres barrancas que desembocan en los poblados de Santiago Xalitintla y San Nicolás de los Ranchos, aunque de momento no representan un riesgo inminente para estas poblaciones, el riesgo radica en que estos flujos transportan un volumen de sedimentos considerable, lo que se traduce en que en cualquier momento podría generarse un lahar de mayores dimensiones debido a la gran cantidad de material disponible dentro de las barrancas.

RN-24

EVIDENCIA VOLCÁNICA DE 1902 EN EL CRECIMIENTO DE LOS ANILLOS DE LOS ÁRBOLES DEL VOLCÁN TACANA, MÉXICO Y GUATEMALA

Carlón Allende Teodoro¹, Macías Vázquez José Luis² y Mendoza Cantú Manuel E.³

¹CONACYT-Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán

³Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
tcarlon@igeofisica.unam.mx

El volcán Tacaná es un volcán activo en estado de quietud con erupciones freáticas ocurridas en 1949 y 1986. A una distancia de 35 km de su cima habitan más de 350 mil habitantes lo que lo ubica como uno de los volcanes con mayor riesgo en el país. El sureste de México en donde está enclavado el Volcán Tacaná fue afectado en 1902 por la caída de ceniza del volcán Santa María en Guatemala. La erupción Plinianica depositó alrededor de 15 cm de ceniza fina en la región del Tacaná, el efecto de esta ceniza quedó registrado en los anillos de crecimiento de los árboles del volcán que evaluamos en este trabajo. Se realizó un muestreo dendrocronológico en pino de alta montaña (*Pinus hartwegii*) y se generó una cronología de anillos de crecimiento. Los resultados preliminares (102 muestras dendrocronológicas) indican que en la parte noreste y sureste del domo del volcán Tacaná, existen árboles con edades de hasta 237 años que incluyen el año de 1902. Estos árboles tienen el registro o señal de dicha caída, debido a que presentan una supresión del anillo desarrollado en el año inmediato (1903). Esta supresión en el ancho de anillo no es de la misma magnitud en todos los árboles muestreados, debido a que se relaciona de manera contundente con el espesor de ceniza acumulado entorno a cada árbol. Cabe recalcar que otro evento similar aparece en el año 1862 que podría estar asociado a un evento de erupción que se presentó en la cima del volcán.

RN-25 CARTEL

MODELACIÓN Y MAPEO DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS USANDO UN MODELO DE AMBIENTE SIG, CASO DE ESTUDIO: ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY (ZMM), MÉXICO

Ramírez Serrato Nelly Lucero, Yépez Rincón Fabiola Doracely, Guerra Cobian Víctor Hugo, Ferriño Fierro Adrián Leonardo, Huerta García Roberto Emmanuel, Barrón Duarte Alejandro, Escobedo Tamez Andrea Nathaly y Mancilla de la Cruz Yris Laura
Instituto de Posgrado de Ingeniería Civil, UANL
 nellyss_21@hotmail.com

La Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), con una población de más de 5 millones de habitantes continúa aumentando su densidad y expansión. Las modificaciones del suelo son ocasionadas principalmente por el creciente desarrollo urbano que, entre otras cosas, modifican la topografía y generan interferencias en los cauces de arroyos y en las direcciones de los escurrimientos. Al modificar la morfología de la cobertura urbana se disminuyen los niveles de infiltración y se incrementa la vulnerabilidad del sistema ante la aparición de factores detonantes que generan inundaciones, encharcamientos y fenómenos de remoción en masa. En la ZMM durante las últimas décadas, se han registrado deslizamientos y derrumbes mediante diversos estudios, principalmente debido a factores como la intensidad de la precipitación, geotecnia y topografía. Últimamente, estos incidentes se han visto incrementados en la zona, debido a los cambios topográficos abruptos realizados para sopesar el rápido crecimiento de la zona urbana. El análisis de la zona a nivel regional por medio de un modelo SIG representa un método eficiente para evaluar las características morfológicas de la superficie real y ofrece una visión rápida de la problemática del terreno, que permite focalizar las medidas de mitigación a los lugares más vulnerables. El modelo presentado en el siguiente estudio se basa en el análisis de 8 factores como: Litología, lineamientos y estructuras geológicas, geomorfología, edafología, distancia a cárcavas, densidad de drenaje y uso de suelo. Este último, actualizado mediante una imagen del satélite sentinel 2 capturada en Enero de 2018. Los resultados preliminares muestran los porcentajes de cobertura clasificados en Muy baja o nulo (21.90%), Baja (25.71%), Media (22.96%), Alta (23.82%) y Muy Alta (5.59%).

RN-26 CARTEL

ANÁLISIS POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, ESTADO DE HIDALGO Y SUS ALREDEDORES

Vidal May María Fernanda¹, Silis Esquivel Jhoanna² y Mejía Cisneros Nohemi³
¹Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
²Grupo Disciplinar de Geociencias, Facultad de Química, UNACAR
³Instituto Politécnico Nacional
 feeverdial@gmail.com

Los Procesos de Remoción en Masa (PRM) constituyen una amenaza importante para el ser humano, así como para los bienes materiales expuestos a condiciones geológicas favorables para la generación de los procesos de ladera, aumentando de esta manera su vulnerabilidad física. Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un trabajo en el que se analizaron las características geológicas y morfoestructurales por PRM del Municipio de Atotonilco el Grande, Estado de Hidalgo y sus alrededores, con el fin de determinar las zonas de afectación basándose en la exposición y grado de vulnerabilidad física. El estudio se llevó a cabo en tres etapas. La primera, fue la realización y análisis de los mapas morfoestructurales con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y fotografías aéreas, con el fin de tener una previa visualización de las áreas susceptibles a los PRM. En la segunda etapa, se realizó un inventario para caracterizar los PRM y tipo de afectaciones en el medio, así como en los elementos antrópicos involucrados, tales como: inmuebles, vías de comunicación, instalaciones eléctricas, infraestructura, entre otras; del mismo modo analizar los factores condicionantes y detonantes, por ejemplo: tipo de litología, fallas activas (regionales y locales), la morfología, saturación de agua y vegetación, entre otros. La tercera etapa constituyó en el análisis de los datos obtenidos y en la elaboración de los mapas temáticos y la zonificación de la vulnerabilidad física del área (alta, media y baja). Los resultados se orientan hacia proponer obras de mitigación para cada tipo de PRM encontrado dentro del área de estudio. Los principales PRM de la zona son: deslizamientos en roca y suelo, caídos, volteos y flujos, de los cuales sus consecuencias más relevantes se manifiestan en los poblados de Santa María Amajac, Doñana, Sanctórum e incluso en la localidad de Santa María Magdalena, perteneciente al Municipio de Actopan, Hidalgo. Finalmente se hace una reflexión sobre la importancia de la Construcción Social del Riesgo, en la cual se deben de introducir programas de orientación y asesoramiento que contribuyan a prevenir y mitigar los efectos de los fenómenos naturales, tal como es el caso de este estudio, así como de cualquier otro riesgo geológico.

RN-27 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO DE ESCOMBROS QUE DESTRUYÓ EL POBLADO DE MINATITLÁN, COLIMA EN 1959: FACTORES DE DISPARO Y POSIBLE RECURRENCIA

García Adrián¹, Saucedo Girón Ricardo¹, Sánchez-Núñez Juan Manuel² y Macías Vázquez José Luis³
¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí
²Instituto Politécnico Nacional
³Universidad Nacional Autónoma de México
 adrian.lmr@gmail.com

El municipio de Minatitlán se localiza en la zona montañosa de Colima en el extremo noroeste del estado. El pueblo que es cabecera municipal se encuentra asentado sobre antiguos abanicos aluviales y rodeado por distintas cuencas activas, donde año con año se generan flujos de escombros, así como distintos fenómenos de movimientos en masa. En este contexto, el 27 de octubre de 1959 se produjo un flujo de escombros en la cuenca situada entre los cerros La Otatera y Copales, teniendo como cause principal el arroyo El Bonete. El flujo impactó el pueblo de Minatitlán, ocasionando un gran número de pérdidas económicas sobre todo en infraestructura, ya que destruyó dos terceras partes de las casas que integraban la comunidad, provocando la muerte de varios centenares (entre 200 y 300) de pobladores; dicho fenómeno ocurrió tras una precipitación extraordinaria originada por el paso de un huracán categoría 5 que impactó las costas de Manzanillo, Colima. El presente trabajo tiene como objetivo principal la reconstrucción de dicho evento a través de la caracterización del flujo para definir su origen, dinámica y evolución. La caracterización textural del flujo se realizó a partir de un detallado análisis estratigráfico y granulométrico, tomando como base el levantamiento de secciones estratigráficas a lo largo del cauce del arroyo El Bonete. Posteriormente mediante el análisis de las facies proximales, medias y distales se describen los cambios más importantes en el comportamiento del flujo, con el propósito de determinar el número de pulsos o unidades de flujo, tiempos de arribo y velocidades, así como el grado de bulking (asimilación de material durante su desplazamiento), lo cual permite definir sus aspectos reológicos generales. Por otra parte, se determinan los factores de disparo y la influencia que tuvo la morfología de la zona en el desarrollo del flujo. De igual manera se explora la posibilidad de calcular un posible tiempo de recurrencia y un umbral de intensidad y duración de las precipitaciones que en el futuro pudieran generar un flujo de escombros como el de 1959. Finalmente, esta información se utilizará para generar una simulación del flujo empleando los códigos de LaharZ y Titan2D y de este modo producir un mapa de peligros para un futuro escenario como el de 1959 y de esta forma evaluar su impacto en la población actual que es de casi 10,000 habitantes, cantidad diez veces mayor a la que había en 1959.

RN-28 CARTEL

PELIGRO GEOLÓGICO POR EVENTOS DE INUNDACIÓN: UNA CARACTERIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES EN MOTOZINTLA, CHIAPAS, MÉXICO

Sánchez-Núñez Juan Manuel¹, Macías Vázquez José Luis² y Saucedo Girón Ricardo³
¹Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN)
²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia
³Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 sanchez0120@gmail.com

La ciudad de Motozintla se localiza en la porción más baja de una cuenca situada en la región montañosa del sur del estado de Chiapas, México, se trata de una planicie aluvial donde confluyen los ríos Allende, Mina y Xelajú Grande; este último, el más caudaloso en temporada de lluvias. Por esta razón, históricamente la población ha sido severamente afectada por diversos fenómenos hidrometeorológicos, donde los deslizamientos han sido eventos frecuentes. Estos fenómenos naturales representan un peligro geológico para los habitantes por ser repentinos, violentos y de alta energía que están asociados a pendientes inestables con topografía abrupta y otros factores condicionantes que hacen más vulnerable a la población a sufrir los impactos de estos deslizamientos. De igual modo, la cuenca se localiza en el occidente de la falla Polochic, que separa las placas de Norte América y El Caribe, provocando que la cuenca esté formada por abanicos aluviales y terrazas en ambas partes del límite tectónico. Este estudio se desarrolló a través de la interpretación de diferentes tipos de imágenes de satélite, ortofotos, fotografías aéreas y reconocimientos de campo, que permitieron generar una cartografía por medio de un SIG. El trabajo se enfoca en las características granulométricas de más de 50 depósitos (localizados en 30 columnas estratigráficas) que conforman los abanicos aluviales de la planicie. La granulometría muestra que los abanicos aluviales están compuestos en su mayoría por flujos de escombros inmaduros, transportados energéticamente en pendientes abruptas (> 30°) y con distancias de transporte inferiores a 10 km desde la fuente. El resultado es un mapa de depósitos que a futuro puede ser de gran utilidad para determinar las zonas susceptibles a ser afectadas por flujos de escombros y conocer las características de dichos materiales. La recurrencia de estos eventos indica que han ocurrido flujos de escombros similares causados por fenómenos hidrometeorológicos y sísmicos.

RN-29 CARTEL

ANÁLISIS DEL PELIGRO SÍSMICO EN LA ALCALDÍA COYOACÁN, CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO

Huerta Espinoza Omar¹, Novelo Casanova David Alberto¹ y Lermo Samaniego Javier Francisco²¹UNAM, Instituto de Geofísica²UNAM, Instituto de Ingeniería
ohe.1203@outlook.es

En la actualidad la Ciudad de México (CDMX) cuenta con el "Atlas Público de Peligros y Riesgos de la Ciudad de México" (2017), el cual establece que la alcaldía Coyoacán se encuentra dentro de las tres zonas sísmicas (Zona de Lomas, Transición y Lago) en las que se ha dividido el suelo del Valle de México. El presente trabajo tiene como objetivo actualizar el mapa de peligro sísmico de la alcaldía Coyoacán mediante campañas de zonificación sísmica en las Zonas de Lomas y Transición utilizando el método de Nakamura (HVNVR). El propósito de esta investigación es obtener los mapas de isoperíodos e isoamplitudes del área de estudio. Estos mapas permitirán obtener información sobre la distribución espacial de los diferentes periodos dominantes, la forma de vibración del suelo, así como los niveles de amplificación sísmica. Los resultados aportarán elementos para las Instituciones competentes implementar medidas de prevención y mitigación ante la ocurrencia de un sismo de magnitud importante y con impacto en la alcaldía Coyoacán. El proyecto es financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECITI, Folio No. 2941).

RN-30 CARTEL

DETERMINACIÓN DE RIESGO A DESASTRES POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL SECTOR SUR DE PUERTO VALLARTA, JALISCO, MÉXICO

Flores Peña Simjahel¹, Suárez Plascencia Carlos² y Núñez Cornú Francisco Javier²¹Universidad de Guadalajara, UoG²Universidad de Guadalajara
simjahp@gmail.com

Puerto Vallarta, ha tenido desde los inicios de los años 90, un crecimiento urbano importante por las actividades turísticas y de servicios, además de factores como: la migración, el crecimiento de infraestructura hotelera y el desarrollo de nuevos fraccionamientos en la ciudad. Esta expansión urbana ha sido a través de asentamientos regulares e irregulares en las zonas aledañas a la región montañosa. Para esta presentación nuestra área de estudio es la zona ubicada entre el río Cuale, el río Mismaloya, el parteaguas de la serranía y la línea litoral. Las altas tasas de crecimiento urbano y poblacional en Puerto Vallarta, ha generado áreas urbanas de alta, plusvalía, fraccionamientos de clase media, y una periferia marginal y dispersa, que se han asentado sobre laderas que pueden presentar susceptibilidad a procesos de remoción en masa (PRM), este crecimiento de población ha permitido el incremento de la vulnerabilidad social en un entorno geográfico susceptible a peligros por PRM, los cuales cuentan con recurrentes registros históricos. Con ello los PRM se derivan de la litología, la geología estructural, el tipo de suelo, la cubierta vegetal, altas pendientes, el régimen pluvial y cambio de uso del suelo de esta zona. Las características sociales y económicas de la población han dinamizado la vulnerabilidad que se presenta en áreas urbanizadas susceptibles a PRM en el sector sur. Los factores descritos proponen como tema la caracterización del peligro y la vulnerabilidad social a los procesos por remoción en masa en el sur de Puerto Vallarta, utilizando metodologías de análisis multicriterio que permiten interaccionar la complejidad de las variables físicas y sociales que se utilizan en la construcción de indicadores, y que determina el nivel de peligro en zonas susceptibles a PRM.

RN-31 CARTEL

ALTO RIESGO ASOCIADO A REMOCIONES EN MASA EN LA ZONA URBANA DE LAGUNA VERDE, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE

Castro-Gómez Valentina¹, Vargas-Cordero Iván¹ y Villar-Muñoz Lucía²¹Universidad Andrés Bello, UNAB²Helmholtz Centre for Ocean Research, GEOMAR
vale_castro@live.cl

El riesgo es el grado de pérdidas, tales como, daños de edificaciones y/o humanas esperadas debido a la ocurrencia de un evento en particular. Debido al aumento de la población, cada día esta es expandida a zonas más propensas a lugares inseguros, aumentando el riesgo a la población. El estudio se centra en el riesgo geológico de remociones en masa, definida como procesos gravitacionales, donde se involucra la movilización de materiales como suelo y/o roca, sin contar los procesos de subsidencia y hundimientos kársticos. Estos movimientos pueden ser provocado por procesos desencadenantes del tipo geológicos, climáticos o antrópicos, los cuales generan una inestabilidad a zonas de laderas o escarpes, generalmente con pendientes elevadas. La zona de investigación comprende lugares de Laguna Verde, Curaumilla y Quebrada Verde, correspondientes a la comuna de Valparaíso, y regidas por las normas de uso de suelo del Plan Regulador de estas. En dónde se hará análisis de los factores condicionantes y desencadenantes para evaluar

y zonificar la susceptibilidad de los distintos tipos de remociones en masa. La metodología utilizada está basada en la metodología propuesta por Lara en 2007, en donde se realiza un análisis porcentual de los factores de pendientes, exposición al sol, vegetación, hidrología entre otros. Para evaluar los factores se debió hacer estudios de percepción remota, de terreno y de laboratorio. Los resultados obtenidos demostraron que la gran susceptibilidad a remociones en masa está asociado a las altas pendientes en una ladera al norte de la zona urbana producida por una falla normal activa de 24,3 km de extensión. A su vez el factor antrópico ha sido de gran relevancia ya que producto de su camino principal construido a provocado constantemente caídas de roca en el sector.

RN-32 CARTEL

RIESGOS GEOLÓGICOS EN LA UACH, CAMPUS UNIVERSITARIO II, EN CHIHUAHUA, MÉXICO

Lozano-Hernández Joselyne¹, Arzate-Lem Sergio¹,
Arévalo-Ruiz Juan Fernando² y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso²¹Universidad Autónoma de Chihuahua²Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a291362@uach.mx

El objetivo incluye la cartografía de las estructuras cubiertas en aluvión, pero evidenciadas por la traza de los cauces de los arroyos. Al urbanizarse el área del nuevo campus Universitario de Chihuahua, esas trazas de los cauces fueron prácticamente borradas. Sin embargo, las construcciones sobre esos cauces sepultados están sufriendo de esfuerzos cortantes. Estas grietas resultado de los esfuerzos a los que están sometidos los edificios se interpreta que son el resultado de las fallas y zonas de debilidad sobre la cual se encontraban los cauces de los arroyos sepultados. Este se realizó con el seguimiento del cauce sepultado que corría por la zona donde se encuentran instalados los edificios de la Universidad Autónoma de Chihuahua en el campus II, ubicado al norte de la ciudad de Chihuahua. Se identificó el cauce sepultado de dicho arroyo con fotografías aéreas de antes de que se construyera el Campus Universitario II y se le realizó un seguimiento de los lineamientos, en el que se midieron e interpretaron fallamientos, fracturamientos y sus desplazamientos correspondientes. Estructuras geológicas interpretadas que se asociaron con las estructuras de grietas que están apareciendo en los edificios, estacionamientos, calles y caminos con pavimento hidráulico. Con los datos recabados se identificó la orientación preferencial que muestran los esfuerzos y el impacto en que podrían afectar la urbanización del Campus Universitario II. También se realizó una interpolación de los fallamientos y fracturamientos, donde se evidenciaron las zonas con una mayor densidad de grietas, fracturas y fallas. También se interpretó las zonas con mayor riesgo geológico latente dentro del mismo Campus Universitario II.

RN-33 CARTEL

DETERMINACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO EN LA SIERRA DE JUÁREZ, CD. JUÁREZ, CHIHUAHUA

Obeso Cortez Griselda Janeth y Dena Ornelas Oscar Sotero
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ
gocortez@gmail.com

La Sierra de Juárez (SDJ) es la principal estructura presente en la zona densamente poblada de Ciudad Juárez. Esta estructura, asociada con la Orogenia laramida, presenta pendientes muy pronunciadas en la zona donde afloran formaciones sedimentarias conformadas principalmente por lutitas y calizas. En las estribaciones de esta sierra, donde se ubica la mayor concentración poblacional, las unidades geológicas preponderantes están conformadas por paquetes sedimentarios pobremente compactados. En este trabajo, se realizaron cambios geológicos, digitalización de mapas geológicos existentes, modelos digitales de elevación de alta resolución, estudios gravimétricos y de tomografía eléctrica resistiva para ser integrados y gestionados en un Sistema de Información Geográfica con el objetivo, de a través de la ejecución de diferentes geoprocesos, generar un mapa de Riesgo geológico de la zona de Anapra en ciudad Juárez, Chihuahua. Los resultados muestran, que, en la zona densamente poblada, las unidades geológicas poco competentes observadas en superficie, presentan espesores considerables, por lo que el resultado del cruce digital de pendientes pronunciadas con unidades litológicas pobremente compactadas, ubica las zonas en que los deslizamientos de masa o fallas de talud pueden ocurrir. Por lo tanto, el mapa de Riesgo Geológico generado en este estudio, es una herramienta viable para diseñar estrategias de prevención para este tipo de contingencias.

RN-34 CARTEL

RIESGO SÍSMICO EN UNIÓN JUÁREZ, CHIAPAS, MÉXICO

Olmedo Velázquez Paola Anahí¹, Novelo Casanova
David Alberto¹ y Lermo Samaniego Javier Francisco²

¹UNAM, Instituto de Geofísica

²UNAM, Instituto de Ingeniería
pao_pot93@hotmail.com

Las comunidades ubicadas en el sur de México se ven continuamente afectadas por sismos de gran magnitud que se generan en la confluencia de las placas tectónicas que interactúan en nuestro país por lo que el peligro sísmico en el estado de Chiapas estará siempre latente. Como ejemplo, el pasado 7 de septiembre de 2017, un sismo de magnitud de 8.2 Mw ocurrió en el golfo de Tehuantepec a 45.9 km de profundidad dejando a su paso afectaciones de consideración en la mayoría de los municipios de Chiapas, siendo más afectadas las comunidades rurales. Este evento dejó en claro que la mayoría de los municipios de Chiapas no están preparados para afrontar eventos sísmicos con el potencial de generar daño, por lo que estudios de riesgo sísmico en este estado son de prioridad. Por lo anterior, en el presente estudio se analiza el riesgo sísmico en la cabecera del municipio de Unión Juárez, Chiapas, con el objetivo de proveer a la población y a las autoridades locales, información relevante para la toma de decisiones relacionada con la prevención y/o mitigación de los posibles daños generados por un sismo de magnitud significativa. Para la estimación del riesgo se necesitan evaluar dos factores: la vulnerabilidad y el peligro. Para el estudio de vulnerabilidad se consideraron la vulnerabilidad estructural, económica y social. La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas durante trabajos de campo realizados en el área de estudio considerando una muestra mínima estadísticamente representativa y seleccionada de manera aleatoria. Los datos obtenidos fueron procesados en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Por otro lado, para el cálculo del peligro sísmico, se realizó un estudio de microzonificación sísmica con el objetivo de medir el ruido sísmico utilizando la técnica de Nakamura. Posteriormente, se obtuvieron las funciones de transferencia de las cuales se derivaron los mapas de isoperíodos e isoamplitudes con los que a su vez se determinaron los modos de vibración del suelo y sus posibles afectaciones. Proyecto desarrollado con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (PAPIIT No. IN111217).

RN-35 CARTEL

GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CRETACEOUS SEDIMENTARY ROCKS, PART OF THE BASEMENT OF THE ACOCULCO CALDERA COMPLEX

Pola Villaseñor Antonio¹, Soto Herrera Andrés Mauricio¹, Macías Vázquez José Luis², Ramírez Guzmán Ángel Andrés³, Pacheco Valdovinos Pedro Martín¹ y Correa Gómez José Guadalupe¹

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores – Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica – Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
antonio.pola@gmail.com

General geological and geomechanical characteristics of the basement of the Acoculco Caldera Complex was assigning by a series of fieldtrip descriptions and laboratory measurements. In general, the basement in the region is composed by a sequence of Jurassic to Cretaceous sedimentary rocks; including very folded sandstones, limestones, conglomeratic beds and intrusive granitic bodies. One of the main proposes of the study is to highlights the interaction between properties: for example the relationship of the pore system, microfracturing characteristics and permeability was explored by mercury porosimeter, helium pycnometer and nitrogen permeameter, respectively. Matrix characteristics together with the characteristics of the fractures of the unit rocks will be useful and needed to construct different conceptual models (e.g. fluid and heat transfer through rock medium), which in turn, and together with other studies, as geophysical studies will help to identify new zones of geothermal interests. Preliminary data shows that matrix permeability is very low even if the data of some specimens shows an increment due to particular characteristics (e.g. microfracturing). Permeability of the rock unit (matrix and fractures) seems to be higher and is strongly related to the physical characteristics evolution of the fractures (e.g. fill, aperture, recrystallization of secondary minerals).

RN-36 CARTEL

MODELACIÓN HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL Y GEOFÍSICA DE BAJA PROFUNDIDAD COMO HERRAMIENTA DE MANEJO TERRITORIAL ANTE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN ZONAS URBANIZADAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

Dena Ornelas Oscar Sotero, Ibañez Oscar y Obeso Cortez Griselda Janet
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ
osdena@gmail.com

Aun y cuando los promedios de precipitación en la zona transfronteriza del desierto chihuahuense son relativamente bajos. La forma de la distribución de la lluvia de diseño muestra que el 50 % de la precipitación ocurre en la primera hora, ocasionando inundaciones repentinas que ocasionan no solo daño patrimonial sino incluso pérdida de vidas humanas. En este trabajo se analiza la resiliencia hidrológica, mediante modelos bidimensionales con modelo de pérdidas calibrados con hidrogramas y estudios geológicos y geotécnicos de dos cuencas con características fisiográficas diferentes localizadas en la zona urbana de Ciudad Juárez, ubicada en la parte norte mexicana del gran desierto chihuahuense, y parte de la Metroplex transfronteriza conformada con la ciudad de El Paso Texas. La cuenca Las Víboras, localizada, en su parte alta en la Sierra de Juárez, drena sus escurrimientos, en su parte baja, directamente al Río Bravo. En tanto que la cuenca el Barreal es una cuenca endorreica, donde todos los escurrimientos de tipo intermitente convergen en una zona baja definida como laguna de patos. En ambas cuencas, primeramente, se realizaron estudios hidrológicos y posterior modelación hidráulica bidimensional, con modelos de superficie LIDAR, para generar los mapas de peligro o severidad hidrológica. De igual manera, en forma paralela, se realizaron estudios geológicos superficiales, complementados por geofísica de baja profundidad y geotecnia para inferir condiciones estructurales internas de presas de regulación y bordos de contención, además de evaluar, a nivel de factibilidad la posibilidad de recarga sub-superficial del acuífero. Los resultados muestran, en primer lugar, como los tiempos-máquina de modelación son significativamente diferentes para una cuenca con descarga abierta en comparación con una cuenca cerrada. En tanto que, en términos de afectación, la severidad hidrológica muestra ser una valiosa herramienta en el caso de la cuenca Las Víboras, dado que es altamente consistente con la realidad, ya que incluso para periodos de retorno ordinarios, anticipa velocidades de flujo turbulento, como efectivamente se ha registrado. En contraparte, para el caso de la cuenca cerrada del Barreal, consideramos que el criterio de la severidad hidrológica es un tanto nebuloso para evaluar el daño, recomendando en consecuencia, el utilizar mapas de tirante de inundación y funciones de vulnerabilidad para precisar el daño con mayor objetividad. Finalmente, los mapas de tirante máximo, velocidad de flujo y severidad demuestran que ser implementada como herramientas de gestión territorial, ya que tipifican y ubican geo-espacialmente tanto las inundaciones, como la localización de concentraciones de flujo, criterios imprescindibles para el diseño de presas de regulación y/o estructuras de infiltración sub-superficial en regiones donde el agua de lluvia es un recurso limitado, como es el caso del gran Desierto Chihuahuense.

RN-37 CARTEL

INFERENCIA DE RASGOS ESTRUCTURALES BASAMENTARIOS DEBAJO DE LA CIUDAD DE MEXICALI, B.C., A PARTIR DEL ANALISIS DE DATOS AEREOMAGNETICOS Y GRAVIMETRICOS: ¿POSIBLE POTENCIAL DE RIESGO GEOLOGICO?

Espinosa Cardeña Juan Manuel y Almeida Vega Margarita
Departamento de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
jespinos@cicese.mx

Diversos autores a partir del análisis de datos geológicos y geofísicos sugieren interconexión entre las fallas regionales activas San Jacinto y Cerro Prieto localizadas en el valle Imperial-Mexicali. Con la novedad de que en el mapa de riesgo geológico de la ciudad de Mexicali (con una población de ~1 millón de habitantes) la conexión entre ambas estructuras se muestra con un rumbo norte-sur pasando por el centro de la ciudad. La ubicación de la traza de la posible falla conectora se basa en los resultados del análisis geológico-estructural de dos trincheras excavadas en el 2002 en la parte sur del centro de la ciudad, que evidencian actividad paleo sísmica (~ 350 años). Y en la alineación NW-SE de una banda estrecha de sismos registrados en el periodo 1970-2002 que pasa por el poniente de la ciudad. Esta aparente migración hacia el oeste de la actividad sísmica y deformación, hace necesario evaluar, tanto regional como local, la validez de la ubicación y extensión hacia el noroeste de la rama norte de la falla Cerro Prieto y su posible conexión con la falla San Jacinto debido al alto riesgo geológico que ello implica. Con este fin, en este trabajo se presenta un análisis de la recopilación de datos aereomagnéticos y gravimétricos de los valles Mexicali e Imperial con tres técnicas que permiten, a partir de gradientes del campo potencial gravimétrico y magnético, definir alineamientos, contactos y fallas: Gradiente Horizontal, Señal Analítica e Imágenes de Parámetros Fuente. Debido a la ambigüedad inherente de los métodos potenciales, los resultados obtenidos se han apoyado con datos geológicos, geofísicos y geodésicos disponibles. El análisis del mapa de sismicidad (periodo 1976-2018), modelos digitales de elevación, mapas

geológicos, una sección sísmica de reflexión, y de los resultados del procesado de los mapas magnéticos y gravimétricos del valle Imperial-Mexicali muestran que: (1) no hay evidencias claras de alineamientos de máximos de gradientes del campo potencial gravimétrico y magnético que respalden la supuesta conexión entre las fallas San Jacinto y Cerro Prieto. (2) debajo de la ciudad de Mexicali se delinea una depresión con una geometría semicircular con profundidades de hasta 3000 m. La cual está limitada al este por falla Imperial, al sur por la falla Tule Chek y al oeste por una nueva falla denominada Mexicali, todas ellas presentan actividad sísmica reciente. Por la disposición del arreglo de fallas que delimitan a la depresión, está es una cuenca o graben, quedando su límite norte incierto. Con la información que se tiene no se puede definir si el tipo de cuenca es de extensión típica o de apertura, en cualquier caso, el fallamiento intrasedimentario registrado en las trincheras excavadas al sur del centro de la ciudad representa una falla transtensiva inactiva subsidiaria de la falla Imperial.

RN-38 CARTEL

CARACTERIZACIÓN Y POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL POR SEDIMENTOS DRAGADOS DE LA ZONA SURESTE DEL ESTERO SAN CARLOS, B.C.S, MÉXICO

Acosta Guardiola Diana, Nava Sánchez Enrique Hiparco y Cervantes Duarte Rafael
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN- CICIMAR)
acostaguardiola@gmail.com

El dragado es una actividad de excavación con alto impacto en los ambientes costeros donde generalmente se lleva a cabo. En el año 2015 debido al asolvamiento del canal de acceso al Estero San Carlos se realizó un dragado para facilitar el transporte de las embarcaciones en el área. El sedimento dragado fue depositado sobre un campo de dunas antiguas y parte de un humedal. La presente investigación plantea que el depósito constituye un posible impacto sobre las áreas circundantes. Para comprobar esta hipótesis se tomaron 15 muestras en diferentes sitios representativos del depósito y de las áreas impactadas, se realizó un levantamiento topográfico mediante el distanciómetro Leica D810 y el dron PHANTOM 4 utilizando el programa PiX4D, para conocer la morfometría del mismo. Para obtener la granulometría del sedimento (Sesgo, desviación estándar, media) se empleó las técnicas de tamizado con Ro-Tap (Fracción>2mm) y difracción láser (Fracción<2mm). Se determinaron los elementos trazas en las muestras por el método de fluorescencia de rayos X (FRX). Para determinar las posibles vías de transporte se analizaron calendarios de mareas y datos de precipitaciones y vientos de la estación meteorológica de Puerto Cortés. Los resultados obtenidos muestran que el depósito tiene un volumen de 196,877 m³ y un área estimada de 45,177.4 m². El depósito de sedimentos dragados muestra un tamaño medio en las arenas finas; una tendencia a los tamaños de granos de arena gruesa y son pobremente y moderadamente clasificados. El mineral predominante en el área de depósito fue el cuarzo. Se registró un marcado impacto en el humedal estimado en 3.8 ha de un total de 7.8 ha. El análisis de los elementos traza arrojó que los factores de enriquecimiento más altos presentes en las 15 muestras fueron del Arsénico (As) y Azufre (S) con una clasificación de severo, y el Fosforo (P) con extremadamente severo. Además, se obtuvo que los vientos predominantes en la zona son del Noroeste, alcanzando intensidades máximas promedio de 5 m/s. Las mareas como otra vía de transporte de sedimentos juegan un papel fundamental en los valores de velocidad máxima y media (promedio de flujo y reflujo) estimados por otros autores en los cuerpos principales de Bahía Magdalena, alcanzan velocidades máximas simuladas de 0.51 m/s y medias de 0.39 m/s, provocando que el material fino se desplace hacia las zonas no impactadas (humedal y dunas antiguas). Las precipitaciones para el año 2016 fueron escasas, por lo que se considera un impacto nulo. Palabras claves: Depósito dragado, impacto, humedal, elementos trazas, zona costera.

RN-39 CARTEL

VARIACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE RADIONÚCLIDOS PRESENTES EN LIMOS Y PARTÍCULAS PM-10 DEBIDO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Pedraza-Rodríguez Valeria¹, Montelongo-Flores Michel Yadira¹, Herrera-Pedraza Eduardo F.², Oviedo-García Angélica³, Franco-Rubio Miguel¹ y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso⁴

¹Universidad Autónoma de Chihuahua

²Centro de Investigación de Materiales Avanzados

³Universidad Autónoma de Chihuahua

⁴Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a291355@gmail.com

La Ciudad de Aldama, Chihuahua es una región muy importante del país ya que en ella se encuentran gran variedad de yacimientos uraníferos. Los efectos de estos a pesar de la inactividad de la Planta de URAMEX pudieron ser capaces de exponer a la población a una gran cantidad de radiación. Es posible determinar si existe variación de la correlación entre la concentración de radionúclidos presentes en limos y en filtros impactados con PM10 debido a las condiciones climáticas que imperan en la ciudad de Aldama, Chihuahua. Puede ser posible al conocer la relación que tienen las condiciones climáticas presentes con respecto a los valores de las

concentraciones de radionúclidos presentes en limos obtenidos del suelo en un área aledaña a donde se miden las partículas así como en filtros que captaran los isótopos a estudiar haciendo uso del espectrómetro de rayos gamma donde se puede conocer la actividad de los elementos radioactivos presentes seguido de un análisis geoestadístico posterior a un monitoreo realizado a lo largo de un año tomando en cuenta las cuatro estaciones y sus variaciones de clima. Los resultados obtenidos nos determinaran a lo que la población de la ciudad de Aldama se está exponiendo a causa de la geología del lugar y por el material procesado por la Planta de URAMEX durante el tiempo que estuvo en operación.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizador:

Jesús Arturo Martín Barajas

SED-1 CARTEL

GEOCHRONOLOGY AND PROVENIENCE OF THE OLINALÁ FORMATION (PERMIAN), STATE OF GUERRERO, SOUTHERN MEXICO

Juárez Arriaga Edgar¹ y Murillo-Muñetón Gustavo²

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO, UNAM

²Dirección de Exploración y Producción, Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
ejarriaga@geociencias.unam.mx

The Olinalá Formation is a terrigenous-carbonate sedimentary succession of ~860 m thickness cropping out northeast of Guerrero, southern Mexico, that represents one of the southernmost Permian localities in North America. This formation consists of a wide diversity of continental and marine terrigenous facies and marine carbonate facies. Its stratigraphic architecture suggest an homoclinal carbonate ramp system with siliciclastic influence. This work contributes to knowledge of Paleozoic geology of North America with a model of sediment provenance for this Permian system. The model is based on U-Pb ages in detrital zircons come from new sandstone samples and geochronological published data of the Olinalá Formation. 253 U-Pb ages of detrital zircons from the lower and middle part of the Olinalá Formation spans from ~2262 to 256 Ma. Younger grains (<500 Ma) represent 22% of all the analyses (55 of 253 grains) and have an age peak near 284 Ma. Maximum deposition age (MDA) calculated from 197 U-Pb detrital zircon analyses obtained near of base of the Olinalá Formation, yielded a weighted mean MDA of 268 ± 5 Ma (Wordian, MSWD = 1.4, n = 5). This is consistent with the previous biostratigraphic age defined for this formation based on ammonoids collected at its base. We define five components of age on the basis of prominent peaks and lows in the grain age distribution of the entire sample suite: 1) late Paleoproterozoic (1.8-1.75 Ga); 2) middle Mesoproterozoic-early Neoproterozoic (1554-732 Ma); 3) Pan-African (668-551 Ma); 4) Pennsylvanian-Permian (318-256 Ma); and 5) early Paleozoic (483-442 Ma). Late Paleoproterozoic grains are rare and Grenvillian grains represent the dominant age component of the sandstones of the Olinalá Formation (52%, 130 of 253 analyses) with peaks near 1177, 1108 and 930 Ma, which match with three widespread zircon age components in Grenvillian rocks of the Oaxacan complex. Pan-African grains (668-550 Ma) are uncommon, and the early Paleozoic grains (483-401 Ma) match with U-Pb zircon ages of the Esperanza granitoids, which crop out north of the Olinalá population. Pennsylvanian-Permian grains (318-256 Ma) can derive from volcanic rocks of the Carboniferous-Permian arc previously recognized in southern Mexico. Our data were compared with published U-Pb zircon ages of Paleozoic successions from southern Mexico and the Permian Delaware basin to establish the similarity relationship with these units. Additionally, our geochronological data were compared with U-Pb detrital zircon ages from the La Mora Formation (Late Triassic), which contains grains with affinity to the Amazonian craton (Gondwana). MDS analysis shows a low similarity between the Olinalá Formation and the Paleozoic and Mesozoic sandstone samples of southern Mexico analyzed. Nevertheless, this analysis suggests well similarity between Olinalá samples and sandstones from the Delaware Basin (Laurencia). The statistical analysis and the dominant age components in the Olinalá Formation suggest that their potential sources are locally exposed rocks in southern Mexico (e.g. Oaxacan complex and Esperanza granitoids) and a subordinate source related to Laurencia.

SED-2 CARTEL

SOBRE EL LÍMITE TRIÁSICO-JURÁSICO QUE AFLORA EN EL CAÑÓN GENERAL, SIERRA DE CATORCE, SAN LUIS POTOSÍ

Jaime Rodríguez Diego, Barboza Gudiño José Rafael y Zavala Monsiváis Aurora
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
jrck_05@hotmail.com

La Sierra de Catorce se localiza en el norte del Estado de San Luis Potosí, paleogeográficamente se encuentra en la parte noroccidente de la Cuenca Mesozoica del Centro de México cerca del límite con la Plataforma Valles San Luis, su estructura e historia de deformación es muy compleja. Dentro de esta sierra hay zonas que exponen extensos afloramientos de las unidades Triásicas, pero sobre todo de las unidades del Jurásico, una importante zona de afloramientos es el Cañón General que se encuentra al noroccidente de la sierra y que es el área de estudio para el presente trabajo. El límite triásico-jurásico se ha establecido dentro de la unidad informal conocida como capas "Cerro El Mazo", la cual fue inicialmente establecida porque presenta diferencias notables con los depósitos característicos de la Formación Zacatecas y aunque contiene materiales volcánicos y volcanoclásticos interestratificados, es distinta a la Formación Nazas. En algunos trabajos recientes se ha hecho evidente por la geocronología de circones detríticos, una edad del Triásico Superior para la parte inferior de esta unidad y una posible edad del Jurásico Inferior para su cima, por lo que es preciso describir en detalle esta secuencia. Para cumplir este objetivo se realizó cartografía geológico-estructural a escala 1:5,000 del área y se utilizaron métodos analíticos auxiliares para generar una interpretación tectónica para esta zona en particular, estos métodos fueron: análisis petrográfico, geoquímica de elementos traza, geocronología de circones magmáticos, difracción de rayos X y el análisis estructural. Las unidades reconocidas dentro del Cañón General fueron de la más antigua a la más joven como sigue: Formación Zacatecas, rocas verdes de composición andesítica espilitizadas, unidad informal capas "Cerro El Mazo",

Formación Nazas, Formación La Joya, Formación Zuloaga, Formación La Caja, Formación Taraises y Formación Tamaulipas Inferior. La secuencia se observa plegada y afectada por fallamiento normal y lateral derecho e izquierdo, el fallamiento normal con orientación NW-SE es el que está más extendido y es el que levanta las unidades triásicas y las pone en contacto con unidades jurásicas, formando la principal estructura que es una antiforma, cuyo núcleo queda expuesto en la parte central del cañón. Se concluye que la parte inferior de las capas Cerro El Mazo, es una continuación de la sedimentación triásica marina, solo que localmente ocurre en forma de depósitos masivos con clastos flotados y bloques o flujos de detríticos comienzan a mostrar un incremento en materiales volcanoclásticos como evidencia de volcanismo contemporáneo en las cercanías. Se observan también estratos a bancos lenticulares de cuarcitas conglomeráticas, a manera de flujos de detríticos canalizados, además de apreciarse una evidente somerización de la cuenca, que rápidamente conduce a los típicos productos volcánicos subaéreos de la Formación Nazas, conocidos en distintas localidades de la Mesa Central.

SED-3 CARTEL

NUEVOS DATOS GEOLÓGICOS DE LA SIERRA LAS MESTEÑAS EN EL NORESTE DEL ESTADO DE SONORA, CON EL APOYO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT'S)

Macías Bustillos Luis Salvador¹, Grijalva Miranda Sughei Magdalena²,
Palafox Reyes Juan José³ y Reyes Montoya Dulce Raquel⁴

¹Universidad de Sonora, UNISON

²Universidad de Sonora
chavak_tij_17@hotmail.com

La Sierra Las Mesteñas se encuentra en el noreste del Estado de Sonora, en ella afloran rocas de las más antiguas de México. Se tiene el Basamento Precámbrico correspondiente al Cratón de Norte América. Tal basamento lo comprende el Esquisto Pinal y el Granito Mesteñas, de 1650 Ma y 1489 Ma Respectivamente. También, se tienen formaciones sedimentarias pertenecientes a cuencas Paleozoicas. Están presentes la Formación Cuarcita Bolsa del Cámbrico medio, la Formación Abrigo del Cámbrico tardío, la Formación Martín del Devónico, la Formación Escabrosa del Mississippico y la Formación Horquilla del Pensilvanico. Por último, se tienen afloramientos del grupo Cabullona del Cretácico Superior, así como rocas extrusivas de carácter riolítico de la misma edad. En este presente trabajo se mostrarán los nuevos aportes geológicos a la Sierra Las Mesteñas, entre ellos se tienen nuevos y diferentes contactos litológicos y estructuras presentes en las distintas zonas de la sierra. También se realizó una sección medida en el Cerro La Pedregosa localizado en la parte central de este accidente geográfico. La sección se realizó sobre la Formación Abrigo del Cámbrico superior, con el objetivo de determinar los espesores y fauna fósil presente en esta formación en el lugar. Finalmente, para lo mencionado se echó mano de las nuevas tecnologías, como lo son los vehículos aéreos no tripulados (VANT'S) y el uso de SIG's para el procesamiento de los datos.

SED-4 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN TRINIDAD EN EL ARROYO LA TRINIDAD, AL SUR DE LA RIVERA, BAJA CALIFORNIA SUR: AVANCE PRELIMINAR

García Morales Valeria, Schwenicke Tobias, Cortés
Martínez Mara Yadira y Pérez Venzor José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
garmorv@gmail.com

En el extremo sur de la península de Baja California se ubica la cuenca San José del Cabo. Su origen está relacionado con la apertura del golfo de California a partir de un rift continental. El relleno de esta cuenca se compone de rocas sedimentarias de origen marino y continental, la mayor parte de las rocas marinas se encuentran en la Formación Trinidad. Los pocos trabajos sedimentológicos realizados en la unidad sugieren ambientes de depósito desde costero hasta marino profundo y en diversas localidades en la parte central y sur de la cuenca se tienen edades bioestratigráficas del Mioceno superior al Plioceno inferior. Sin embargo, en la región norte de la Formación Trinidad no existen datos estratigráficos, lo que motivó el presente proyecto. La localidad de estudio se ubica en el arroyo La Trinidad, aproximadamente a 10 km al Sur del poblado de La Rivera. Se levantó una columna litoestratigráfica detallada (22.15 m de espesor) y se tomaron 27 muestras para un análisis bioestratigráfico con base en nanofósiles calcáreos. El paquete estudiado se compone de lodolita con abundantes intercalaciones de arenisca, además se observan slumps. A pocos cientos de metros hacia Norte, las rocas marinas de la Formación Trinidad se interdigitan con depósitos fluviales gruesos de la Formación Los Barriles. Los resultados preliminares sugieren para la columna estudiada un ambiente de depósito por debajo de la influencia del oleaje, en condiciones tranquilas con incidencia esporádica de flujos gravitacionales provenientes de abanicos deltaicos y deslizamientos submarinos. Los nanofósiles son muy abundantes e indican una edad en la biozona NN11 (Tortonense - Messiniense, Mioceno tardío), con base en la presencia de los nanofósiles *D. berggrenii* y *D. quinquenarius*. Nuestros datos y de autores anteriores señalan una rápida subsidencia en toda la cuenca durante el Mioceno tardío, causando una incursión marina.

SED-5 CARTEL

CORRELACIÓN DE UNIDADES VOLCÁNICAS Y DESPLAZAMIENTO LATERAL A TRAVÉS DE LA FALLA TRANSFORMANTE CANAL DE BALLENAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Martín Barajas Arturo¹, Hernández Javier¹, Stock Joann², Weber Bodo¹ y Jurado Sebastián¹

¹CICESE

²Caltech, Pasadena, CA
martin@cicese.mx

El desprendimiento y captura de bloques continentales durante la definición del límite de placas en el Golfo de California ocurrió en ambos márgenes debido a la activación y abandono de fallas mayores. En el norte, isla Ángel de la Guarda (IAG) se desprendió del margen peninsular a fines del Plioceno tardío, cuando inició la actividad de la falla transformante Canal de Ballenas y cesó la actividad de la falla transformante Tiburón al este. El registro estratigráfico en la región central de IAG contiene depósitos volcánicos y sedimentarios del Mioceno y Plioceno; en particular, cuatro depósitos piroclásticos contenidos en una secuencia aluvial de edad pliocénica (<6 Ma) también se localizaron en el valle Calamajué en la costa peninsular y permiten utilizarlos como horizontes de correlación y estimación del desplazamiento de la falla Canal de Ballenas. El análisis petrológico y estratigráfico de estos depósitos piroclásticos en ambos sitios indica acumulación de lapilli pumicítico de caída libre con espesor variable entre 3.0 y 0.5 m. Distintivamente, dos tefras son de pómez blanca y de composición riolítica, y dos tefras situadas hacia la cima de la secuencia aluvial son de pómez verde-rojiza y negra y de composición andesítica. Estos depósitos indican acumulación de lapilli pumicítico de caída libre sobre la planicie aluvial, y fueron sepultados en conglomerados ambos sitios. Ambos sitios también registran inversión y exhumación de los depósitos pliocénicos debido a la actividad de la falla Canal de Ballenas. Adicionalmente, la toba de San Felipe (Tmsf) es una unidad distintiva de extensión regional datada en ~12 Ma, y que encontramos en isla Ángel de la Guarda y también en la región de Cataviña en la península (Olguín-Villa et al., 2003). La correlación de las tefras pliocénicas de Calamajué y la toba miocénica San Felipe en Cataviña, con unidades similares en la isla Ángel de la Guarda, indica un desplazamiento de 100 a 130 km en la falla transformante del Canal de Ballenas, posiblemente ocurrido en los últimos 2-3 Ma. Este cambio en ubicación del límite de placas desplazó el bloque de IAG hacia el sur respecto a la península de Baja California, y contribuyó a la acumulación de la extensión y la ruptura continental en las cuencas Delfín.

SED-6 CARTEL

EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA SUBCUENCA SAN RAMÓN: EVIDENCIAS PARA LA ETAPA TEMPRANA DE LA CUENCA SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR

Schwennicke Tobias, Picos Peraza Emily, Plata Hernández Elvia, Pérez Venzor José Antonio y Cortés Martínez Mara Yadira
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
tobias@uabcs.mx

La cuenca San José del Cabo, ubicada en el extremo sur de la península de Baja California, se formó en el Mioceno tardío durante la apertura del golfo de California. El relleno de esta cuenca se compone de rocas sedimentarias marinas y continentales. En la etapa temprana de la cuenca, la extensión inicialmente se distribuyó entre varias fallas. Más tarde en el Plioceno se activó la falla San José del Cabo, desde entonces constituyendo el límite occidental de la cuenca y dejando inactivas las demás fallas las cuales mayormente se quedaron sepultadas al interior de la cuenca San José del Cabo. Sin embargo, a lo largo de su margen oriental afloran en superficie varios medio grábenes formados en dicha etapa temprana. Uno de estos es la subcuenca San Ramón. En su lado oeste y norte está limitada por la falla El Zapote, el bloque de piso se constituye de rocas plutónicas cretácicas. Las capas del relleno sedimentario por lo general inclinan al suroeste, el echado es mayor en capas más antiguas volviéndose casi horizontal en los estratos más jóvenes. El relleno del medio graben incluye depósitos aluviales y marinos. Los primeros (Formación La Calera) se distribuyen en la parte oriental y norte de la subcuenca y sobreyacen el basamento plutónico cretácico; consisten en conglomerado y arenisca, reflejando un ambiente de abanico aluvial de gradiente moderado a bajo. Hacia el Oeste y Suroeste estos depósitos se interdigitan con sedimentos marinos (Formación Trinidad). En la zona de interdigitación afloran sedimentos arenosos bioturbados con algunos macrofósiles, formados en condiciones de planicie de marea y bahía somera. Hacia la falla El Zapote predomina lodolita bioturbada a laminada, indicando su depósito por debajo de la influencia del oleaje, parcialmente en condiciones deficientes de oxígeno. Nanofósiles calcáreos (*Discoaster berggrenii* y *D. quinqueramus*) indican una edad en la biozona NN11 (Tortoniano tardío - Messiniano, Mioceno tardío) para las rocas marinas, mientras que el inicio del fallamiento, la subsidencia y la sedimentación fluvial probablemente se dio durante el Tortoniano. Los datos anteriores señalan que primero ocurrió una rápida subsidencia de la subcuenca San Ramón y posteriormente la falla El Zapote se quedó inactiva durante el Messiniano.

SED-7 CARTEL

PATRONES SEDIMENTARIOS Y COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA EN LOS SEDIMENTOS DE AGUAS PROFUNDAS EN LA REGIÓN SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Díaz Asencio Misael¹ y Herguera Juan Carlos²

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

²CICESE

misael@ciqaesenada.cicese.mx

En el trabajo se realizó la caracterización geoquímica y la evaluación de las tasa de acumulación y mezcla de los sedimentos en la región de aguas profundas del sur del Golfo de México, a partir del fechado con ¹⁴C de testas de foraminíferos en 37 núcleos de sedimentos recolectados en la llanura abisal y los taludes continentales (entre 1217 y 3741 m). En la evaluación se aplicó un modelo de mezcla homogénea y constante para estimar las tasas de acumulación media de los sedimentos (Sm), la edad de la capa de mezcla (TML) y la profundidad de la capa de mezcla (XML) para cada núcleo. Los rangos de valores obtenidos para estas variables fueron Sm (3.4 a 13.1 cm/kyr), TML (415 a 6021 años) y XML (2.4 a 24.4 cm). Los análisis geoquímicos mostraron altos niveles de CaCO₃ y la influencia de los procesos de mezcla en el control del carbono orgánico acumulado en los sedimentos. La evaluación realizada estableció la interrelación entre las características geoquímicas y sedimentarias, con patrones diferentes en la zona de estudio. Fueron identificados tres grupos de muestras con características diferentes: la llanura abisal, las zonas del talud continental y los pies del talud (zonas limítrofes entre ambas regiones); así como estaciones fuera de estos agrupamientos, dominadas por procesos locales. El trabajo demostró además la relación entre los patrones de circulación dominantes y las características geoquímicas y sedimentarias en las zonas profundas del sur del Golfo de México

SED-8 CARTEL

EVOLUCIÓN HOLOCÉNICA DE LA LAGUNA COSTERA DE TIMBABICHI, BAJA CALIFORNIA SUR CON BASE EN REGISTROS SEDIMENTOLÓGICOS

Plata Hernández Elvia, Cortés Martínez Mara Yadira, Schwennicke Tobias y Pérez Venzor José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
eplata@uabcs.mx

Durante el Holoceno el aumento del nivel del mar ha modificado los ambientes costeros así como la distribución de sus depósitos. En el lado este de Baja California Sur existen algunas lagunas costeras de las cuales se conoce poco de su evolución geológica holocénica, considerando factores como el aumento absoluto del nivel del mar y la influencia del levantamiento tectónico de la península desde el Pleistoceno tardío. Una de estas lagunas se localiza en Timbabichi, al Noroeste de La Paz, la cual cubre un área de 0.3 km² y tiene una profundidad máxima de 1.2 m. En la laguna se distinguen tres principales ambientes sedimentarios: 1) la zona de canal de marea que incluye barras, dominada por arena fina a gruesa y arena lodosa y parcialmente presencia de bioclastos; 2) una parte central subacuática con lodo y 3) planicies de marea en algunas áreas marginales donde se observa lodo, lodo arenoso y arena lodosa. Mientras que el lado norte de la laguna se deslinda con colinas, al sur de la misma existe un sabkha con sedimento superficial que varía de lodo arenoso a arena lodosa con precipitación de sales. Para conocer la evolución lagunar se extrajeron 20 núcleos y 3 zanjas (hasta 1.80 y 2.00 m de profundidad, respectivamente) en la zona intermareal (planicie de marea) y supramareal (sabkha), los cuales fueron descritos sedimentológicamente. En el análisis granulométrico se empleó un analizador láser y para el reconocimiento de estructuras sedimentarias se apoyó en imágenes de rayos X. Además se describió el contenido de foraminíferos bentónicos y moluscos. La estratigrafía del subsuelo muestra 4 facies principales que son comparables con los depósitos actuales y que se observan en los núcleos como una secuencia de arriba hacia abajo: 1) limo arenoso a gravoso con estratificación paralela hasta cruzada el cual corresponde a depósitos del sabkha actual; 2) arena media a gruesa color oscuro bien seleccionada y coquinoide la cual se interpreta como depósitos de canal o barra arenosa; 3) lodo gris a verde, el cual es una capa guía en todos los núcleos y corresponde a depósitos lagunares subacuáticos actuales de la parte central a marginal y 4) lodo rico en restos vegetales a turba el cual corresponde a un ambiente de zona intermareal. En un núcleo ubicado a 250 m al suroeste de la laguna actual se fechó un horizonte de turba encontrado a 1.11m de profundidad. La edad obtenida por radiocarbono fue de 2,120±30 a BP. Los datos revelan que en aquel tiempo la laguna tenía una extensión mayor en su lado sur. Además, de manera preliminar los datos señalan que en los últimos 2,000 años todavía ocurrió un ascenso relativo del nivel del mar considerando que la turba fechada se encuentra por debajo del nivel actual de la laguna; sin embargo, la sedimentación por el aporte fluvial fue suficiente no solamente para llenar el espacio de acumulación adicional sino ha causado una reducción de la laguna a su tamaño actual.

SED-9 CARTEL

APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE ONDÍCULA A REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO PARA APOYAR LA INTERPRETACIÓN DE LA JERARQUÍA ESTRATIGRÁFICA EN DEPÓSITOS LOBULARES

Ramos Pineda Raydel¹, Altamira Areyán Armando², Díaz Viera Martín

Alberto³, Grajales Nishimura José Manuel⁴ y Flores Mejía Hilario⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Comisión Nacional de Hidrocarburos

³Instituto Mexicano del Petróleo

⁴Instituto de Geología, UNAM

⁵Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco
rarapin89@gmail.com

Se presenta la aplicación de la transformada de ondícula a registros geofísicos de pozos (RGP) con el propósito de apoyar la interpretación de la jerarquía estratigráfica en abanicos de aguas profundas. Se muestra la metodología para obtener los espesores aproximados de cada orden jerárquico dentro de un abanico, o sistema de abanicos, por medio de la transformada de ondícula. A partir del esquema jerárquico para estos ambientes sedimentarios (Prélat et al., 2009 y 2010), se construyeron tres lóbulos superpuestos dentro de un complejo de lóbulos y se elaboraron columnas sintéticas atendiendo a la zonación de facies sedimentarias en el modelo geológico conceptual. A partir de los RGP sintéticos para cada pozo se procedió a la aplicación de la transformada de ondícula. Al aplicar la transformada continua, particularmente los tipos Daubechies (db 5), Symlets (sym), Coiflets (coif), Gaussian (gaus), Mexican_hat (mexh) y Complex Gaussian (cgau), se obtuvieron sus respectivos escalogramas. Se observó que los detalles más finos de la señal son resaltados para las frecuencias altas, que corresponden con los estratos e inter estratos en el sistema jerárquico propuesto por Prélat et al. (2009), mientras que para las bajas frecuencias se detectan paquetes más gruesos que corresponden a los niveles jerárquicos de lóbulos y elementos de lóbulos (Prélat et al., 2009). La función madre Coiflets 3 (coif3) reveló con más precisión las escalas asignadas a la jerarquía de los datos sintéticos, con correspondencia entre la arquitectura estratigráfica de la señal y la configuración estructural del escalograma. Se reporta que la función "coif 3" estima y agrupa los espesores de los paquetes, mostrando claramente la estructura del depósito, desde el nivel jerárquico más delgado (estrato) hasta el más potente (complejo de lóbulos). Referencias Prélat, A., Hodgson, D., and Flint, S., 2009, Evolution, architecture and hierarchy of distributary deep-water deposits: a high-resolution outcrop investigation from the Permian Karoo Basin, South Africa: *Sedimentology*, v. 56, no. 7, p. 2132-2154. Prélat, A., Covault, J. A., Hodgson, D. M., Fildani, A., and Flint, S. S., 2010, Intrinsic controls on the range of volumes, morphologies, and dimensions of submarine lobes: *Sedimentary Geology*, v. 232, no. 1-2, p. 66-76.

SED-10 CARTEL

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LA PORCIÓN NOROESTE DEL ESTADO DE CAMPECHE

Silis Esquivel Jhoanna, Sánchez Rico Gisela, Robles Ramos
Helene Daneth, Marín Guzmán Ana Pilar y Lima Velázquez Rosalba
Grupo Disciplinar de Geociencias, Facultad de Química, UNACAR
jsilis.unacar@gmail.com

El área terrestre del sureste mexicano es importante para comprender las secuencias depositadas en la Sonda de Campeche, donde el conocimiento geológico cobra mayor relevancia principalmente para la industria petrolera; sin embargo, existe poca información geológica del área terrestre, específicamente de la evolución geológico-estructural de la plataforma carbonatada, la cual es importante para ampliar la comprensión de la geología del subsuelo y de los modelos sedimentarios que se presentan en la zona marina. Este trabajo de investigación presenta la metodología que se empleó para la realización del modelo geológico que integra la información geológico-estructural de la porción noroeste del Estado de Campeche. Dicha metodología se conformó de cinco etapas. La primera, fue el análisis morfoestructural mediante la observación de fotografías aéreas y generación de un modelo digital de elevación con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La segunda etapa, constó de trabajo de campo, en la cual se realizaron levantamientos de secciones geológico-estructurales y columnas estratigráficas. La tercera etapa, fue la elaboración y análisis de láminas delgadas de muestras pétreas para la observación de fósiles e interpretación de facies sedimentarias, así como, determinación de edades. La cuarta etapa incluyó la elaboración y análisis de frotis de nanoplancton calcáreo con el objetivo de reforzar o sustentar las edades reportadas anteriormente, con la finalidad de crear un modelo geológico que involucrará las relaciones espacio- temporales. Finalmente, en la quinta etapa se realizó la integración y análisis de la información obtenida, incluyendo información relevante de trabajos publicados anteriormente, para obtener el modelo geológico, mismo que podría servir para comprender la evolución tectónico-estructural del área de estudio y la conexión que tiene esta plataforma como fuente de aporte de sedimentos a la cuenca del Golfo de México.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizadores:
Víctor Hugo Márquez Ramírez
Quetzalcoatl Rodríguez

SIS-1

SELECCIÓN DE CURVAS DE DISPERSIÓN MEDIANTE MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE CADENAS DE MARKOV MONTECARLO

Ortega Roberto y Carciumaru Dana
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
ortega@cicese.mx

Se presenta un método para seleccionar curvas de dispersión usando inferencia Bayesiana mediante de cadenas de Markov Montecarlo aplicando el algoritmo de Metropolis-Hastings. El método reproduce la experiencia de un analista en el cual usa los patrones de radiación de las ondas superficiales al mismo tiempo que compara unas curvas de dispersión de un modelo global. Primeramente, se usa una imagen dispersiva, por ejemplo multi-filtrado para las velocidades de grupo, para reducir los grados de libertad. Se escogen solo los máximos en un rango mayor al 20% después de normalizar la imagen dispersiva. Se calcula el valor esperado de la amplitud de las ondas superficiales para los primeros modos de propagación. El valor esperado restringe los parámetros de dislocación (rumbo, echado y desplazamiento). Este valor esperado se le asume una distribución normal. A continuación, se simula la elección del máximo de la velocidad usando un muestreo de cadenas de Markov. Este muestreo es independiente de los valores anteriores, solo conoce los valores actuales. En nuestro caso son los picos máximos de la imagen dispersiva. La elección de los picos máximos tiene una distribución de Bernoulli en donde cada elemento tiene una probabilidad definida individualmente en el proceso anterior. Finalmente, se escogen los picos que hayan sido muestreados arriba de un umbral determinado. En este trabajo se utilizan las réplicas del sismo del 8 de septiembre de 2017 en el Golfo de Tehuantepec, y se muestran los resultados de la nueva estructura de velocidades. Nuestros modelos mejoraron sustancialmente los resultados de la inversión de formas de onda para obtener el tensor de momento. Este trabajo está basado en las técnicas de inteligencia artificial para aprendizaje de máquinas "machine learning". Se utilizó un metalenguaje probabilístico PYMC, para implementar este trabajo, se recodificaron los códigos de "computer programs in seismology", transformándolos a lenguaje C encapsulándolos en módulos de Python para que corran de forma eficiente dentro del ambiente PYMC. Se muestran los resultados comparándolos con los resultados que arrojan al realizar este ejercicio de manera manual.

SIS-2

UN SOFTWARE PARA DIGITALIZAR Y CORREGIR SISMOGRAMAS HISTÓRICOS ANÁLOGOS, EN PAPEL AHUMADO

Corona Raúl Daniel y Santoyo García Galiano Miguel Angel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
geofisica.corona@gmail.com

El registro de la sismicidad en México comenzó a principios del siglo XX con la creación del servicio sismológico nacional, constituido hasta 1923 por 9 estaciones con diversos tipos de sismógrafos mecánicos, y los cuales, debido a sus diferencias en diseño y características, otorgan a cada registro un periodo y amplificación específico. Dichos registros, en su mayoría, quedaron impresos en largos pliegos de papel ahumado y en el caso de México gran parte de estos se conservan almacenados en la biblioteca conjunta de Ciencias de la tierra (BCCT) en la UNAM. Existe casi un siglo de registros históricos en papel ahumado y en tinta (posteriores a ~1970), en los cuales permanece información vasta, única y muy valiosa sobre la sismicidad en México, con la cual podemos ampliar nuestro conocimiento, y reforzar el que ya tenemos sobre las principales zonas sismogénicas en nuestro país. De la necesidad de preservar, recuperar y analizar la información de la sismicidad registrada durante casi un siglo, se pretende realizar el estudio de los grandes sismos ocurridos en México durante la primera mitad del siglo XX. Debido al tiempo que ha pasado desde los primeros de estos registros, es indispensable encontrar una manera práctica, fácil y eficiente de preservar los datos que en ellos se encuentran; información de sismicidad local, regional e incluso global, con la cual se puedan comenzar nuevas líneas de investigación, retomar y completar proyectos ya existentes, así como buscar la cooperación con otras universidades e instituciones que ya están realizando el esfuerzo de preservación de la información de sismicidad histórica que poseen. A pesar de que existe ya software de código libre para digitalización, no hemos encontrado uno que permita visualizar, manipular y digitalizar imágenes de alta resolución (de un tamaño mayor a 10MB). De aquí se ha visto por una parte la necesidad de crear una interfaz que permita visualizar los sismogramas que se deben escanear en alta resolución, para poder observar con detalle las formas de onda de los primeros arribos y distinguir entre ascensos y descensos de las ondas superficiales. Por otra parte, el objetivo es crear un software que sea capaz de facilitar la laboriosa tarea de llevar la información plasmada en papel a un formato digital, y posteriormente aplicar las principales correcciones básicas, que requieren los datos generados. De lo anterior, la interfaz permitirá hacer un procesamiento digital básico de la imagen, digitalizar las formas de onda, generar un archivo ASCII de los datos, y se complementará con la aplicación de las correcciones como son inclinación, curvatura y respuesta instrumental principalmente. Siendo así, en este trabajo se muestran los primeros resultados respecto al desarrollo de esta interfaz, así como los avances que hasta el momento se han producido como resultado de la elaboración de dicho software.

SIS-3

RED SISMOLÓGICA PARA LA OBSERVACIÓN DE ROTACIONES Y DEFORMACIONES DINÁMICAS POR SISMOS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN MEXICANA: RESULTADOS PRELIMINARES

Santoyo García Galiano Miguel Angel¹, Corona Raúl Daniel² y Castro Artola Óscar Alberto³

¹Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

³Instituto de Geofísica, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México.
santoyo@igeofisica.unam.mx

Una de las formas más adecuadas para estudiar las relaciones espaciotemporales entre sismos, así como algunas características de las fuentes sísmicas, es mediante el cálculo de la transferencia de deformaciones y esfuerzos sísmicos. En México, el cambio de esfuerzos estáticos producido por algunos sismos grandes en la Zona de Subducción Mexicana (ZSM) ha sido ya estudiado por varios autores. Sin embargo, no existen estudios específicos en esta zona sobre las relaciones y el desencadenamiento de sismicidad por transferencia de esfuerzos y deformaciones dinámicas. De aquí, resulta necesario estudiar con detalle las rotaciones, las deformaciones y los esfuerzos dinámicos en superficie producidos por sismos de subducción a fin de estimar dichas características del movimiento a profundidad. Durante el mes de marzo del 2018 se instaló una red sismológica semi-permanente de 3 sismógrafos triaxiales convencionales de banda ancha, configurada en un arreglo de apertura corta que permite obtener directamente los gradientes de desplazamiento del terreno en superficie. La red está localizada alrededor de la estación ZIG del Servicio Sismológico Nacional, en la circunscripción del Aeropuerto Internacional de Ixtapa Zihuatanejo, y está programada para permanecer en operación hasta mediados del año 2019. Para obtener estimaciones adecuadas de las rotaciones y deformaciones en superficie, la distancia máxima entre estaciones debe ser menor a $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda mínima de interés. En este trabajo se muestran algunos resultados preliminares obtenidos a partir de las observaciones registradas en esta red, donde $\#R_{max} \#100m$, con $f_{max} = 1.0Hz$ y una incertidumbre en el tiempo absoluto de $\# \pm 1.5e-5$ segundos. Se han realizado pruebas de orientación de los sismómetros, ruido ambiental y localización espacial de estaciones, y obtenido estimaciones de deformaciones y rotaciones dinámicas para sismos locales $3.5 < M < 5.0$. Los resultados indican que la red permite identificar adecuadamente dichas características del movimiento del terreno en esta zona. Se espera que durante el tiempo restante de operación de la red puedan registrarse sismos locales con magnitudes $5.0 < M < 6.0$, que permitan observar los componentes de campo cercano de las deformaciones y rotaciones dinámicas. -El presente trabajo es parcialmente financiado por CONACYT PN-15-639-

SIS-4

MODELADO DEL CAMBIO DE ESFUERZO DE COULOMB PARA EL SISMO DE 1912 MW=7 ACAMBAY: IMPLICACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN DE SISMICIDAD Y PELIGRO SÍSMICO DEL CENTRO DE MÉXICO

León Loya Rodrigo Alejandro¹, Lacan Pierre², Perea Héctor²,
Ortuño María³ y Zúñiga-Dávila Madrid Francisco Ramón¹

¹Centro de Geociencias UNAM-Campus Juriquilla, CGEO

²University of California, Scripps Institution of Oceanography

³Universitat de Barcelona
rleonloya@geociencias.unam.mx

El Graben de Acambay, ubicado en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), representa una zona sismogénica con potencial de generar sismos de magnitud $M_w=7$. Ejemplo de ello es el sismo de Acambay en 1912 con una magnitud $M_w=7$, el cual ocurrió a una distancia epicentral de 100 km de la CDMX. Estudios paleosismológicos indican que las fallas que conforman el Graben de Acambay han generado al menos 31 eventos con ruptura superficial y magnitudes mínimas estimadas $M_w=6.5$ en los últimos 40 ka. En ambientes extensionales con fallas activas se ha observado que la distribución espacio-temporal de la sismicidad se agrupa y migra de falla en falla. Para poder entender esta distribución se ha utilizado el concepto del cambio de esfuerzo de Coulomb ($\#CFS$). Este cambio puede ser positivo, es decir, cargar la corteza o los planos de falla cercanos a la ruptura, o negativo, generando una sombra de esfuerzo donde la actividad de réplicas será disminuida así como la probabilidad de una ruptura mayor. En este trabajo presentamos los resultados de un modelado en el software Coulomb 3.3 (Toda et al., 2011), en el que simulamos la ruptura histórica de 1912 $M_w=7$ y también una ruptura histórica de la falla Venta de Bravo previa al evento de 1912. Nuestro objetivo es comprender: 1) La distribución de sismicidad después del sismo de 1912. 2) Las fallas que presentaron un cambio positivo después de una ruptura en la falla Venta de Bravo y 3) Señalar las fallas del graben que se cargaron después del sismo de 1912. Proyecto PAPIIT: IA102317

SIS-5

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE UNA RELACIÓN DE ATENUACIÓN A PARTIR DE SISMICIDAD SUPERFICIAL DEL MVB

Clemente Chávez Alejandro¹ y Rivas Nieto Carlos Alberto Pedro²¹Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ²Universidad Autónoma de Querétaro
ing_accch@hotmail.com

El Eje Neovolcánico Mexicano (MVB) es un arco continental sismogénico que se encuentra entre los paralelos 19° y 21° N, en la parte central del territorio mexicano; es bien conocido que es una zona en la cual se presenta actividad, que tiende a variar según la localización en la que se esté (Demand, 1978). Este trabajo ha tenido como principio la propuesta de una metodología para la obtención de una relación de atenuación de parámetros de movimiento del suelo (GMPE), basándose en los trabajos realizados por Joyner y Boore (1981) y Clemente et al. (2014), a partir de sismicidad superficial propia del Eje Neovolcánico Mexicano. Los datos utilizados para este trabajo son de 80 registros de 22 eventos sísmicos superficiales con magnitud momento de entre $3.6 < M < 4.3$. Los resultados indican que pueden obtenerse buenas aproximaciones. Palabras clave: atenuación, MVB, sismicidad superficial.

SIS-6

GENERACIÓN DE REGISTROS SINTÉTICOS EN LA ESTACIÓN DE CU PARA SISMOS CORTICALES EN LA PARTE CENTRAL DE MÉXICO

Díaz Mojica John Jairo¹, Cruz Atienza Víctor Manuel², Villafuerte Urbina Carlos David³, Tago Pacheco Josué³ y Lacan Pierre⁴¹Instituto de Geofísica UNAM, IGF²Instituto de geofísica UNAM³Instituto de Ingeniería, UNAM⁴Centro de Geociencias, UNAM
eljonjairo@gmail.com

En México existe una gran escuela consagrada a la estimación probabilista del peligro sísmico en México, y muy especialmente en el Valle de México, principalmente para sismos de subducción (e.g., Esteva, 1968; Ordaz et al., 1992; Reinoso et al., 1999). Sin embargo, poco se sabe sobre los movimientos sísmicos esperados en el valle debidos a la ruptura de terremotos más cercanos, como los que han ocurrido en fallas superficiales del Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), siendo los más importantes registrados: el ocurrido en noviembre 19 de 1912 ($M_w=6.9$) cerca de la ciudad de Acambay a aproximadamente 80 km de la Ciudad de México (Urbina y Camacho, 1913), y el ocurrido el 4 de enero de 1920 en Jalapa ($M_w=6.4$), de acuerdo con Suárez (1992), uno de los más mortales ocurridos en México. Incluso ha sido posible identificar la ocurrencia de varios sismos importantes antes de tener instrumentación, gracias a reportes de daños, siendo el más antiguo del que se tenga referencia el 27 de diciembre 1568. El periodo de recurrencia para algunos segmentos en la región de Acambay ha sido calculados en 3600 años (Langridge et al. 2000). Estudios similares en las zonas cercanas estiman tiempos de recurrencia entre 600 y 10000 años dependiendo si la ruptura se produce de forma separada o conjunta en el sistema de fallas, dado que estos periodos de retorno, son mucho mayores a los que se tienen para los sismos de subducción, la estimación probabilista del peligro en estos casos es difícil. Por ello, estimaciones deterministas del peligro asociadas a ruptura hipotéticas de futuros terremotos es una necesidad urgente que incluso podría llevar a la reevaluación de los códigos de construcción en la gran urbe capitalina. En este trabajo se presentan registros sintéticos en la estación de CU, obtenidos con simulaciones hechas a partir de escenarios de ruptura cinemáticos y dinámicos en el graben de Acambay, particularmente las fallas de Acambay-Tixmadejé, la falla de Temascalcingo y la falla de Pastores, en las que se registró ruptura superficial en el sismo de Acambay de 1912 (Urbina y Camacho, 1913), dichas simulaciones se realizan utilizando un método de Elemento Finito conocido como Galerkin-Discontinuo (DGCrack, Tago et al., 2012), que permite simular la propagación de las ondas sísmicas en 3D, de forma eficiente y con la misma precisión en todo el modelo, a partir de la descomposición del dominio con un mallado no estructurado (h-adaptividad), así como con diferentes órdenes de aproximación en cada uno de los elementos del mallado (p-adaptividad), resolviendo la formulación velocidades-esfuerzos de las ecuaciones de la visco-elastodinámica en 3D con factores de calidad Q_s y Q_p para las rocas (Cruz-Atienza et al., 2016).

SIS-7

ANÁLISIS DE MICROSISMICIDAD EN EL SEMI-DESIERTO QUERETANO Y SU RELACIÓN CON EL MARCO TECTÓNICO

Gómez González Juan Martín¹, Yutis Vsevolod², Nieto Samaniego Ángel Francisco³, García de León Martínez Luis³ y Alcántar Peña Martha Jeannette⁴¹Centro de Geociencias, UNAM²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.³Universidad Autónoma de Zacatecas⁴Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

gomez@geociencias.unam.mx

Analizamos la microsismicidad reciente en la región central de Querétaro y su correlación con datos geológicos y geofísicos. El interés es identificar algunas de las probables estructuras sismogénicas. Las estructuras geológicas regionales generadas durante la Orogenia Laramide están asociadas con la aparición de dominios estructurales definidos por plegamientos y cabalgamientos con orientaciones principalmente NW-SE. En 2010, durante una secuencia sísmica instalamos una red temporal durante 6 meses para registrar la sismicidad. En 2017 instalamos una nueva red temporal para evaluar el nivel de sismicidad de fondo. En ambos periodos los equipos se programaron por disparo. Dadas las magnitudes tan pequeñas de la actividad, y las pocas estaciones de la red, la energía se registró sólo en una o dos estaciones, por ello recurrimos a la localización mono-estación. Procesamos más de 180,600 registros y localizamos 158 eventos ($ML < 2.4$). También analizamos imágenes aeromagnéticas, de gravedad satelital, modelos de elevación digital, de rasgos geológico-estructurales, así como levantamientos magnetométricos y gravimétricos terrestres medidos en 166 puntos gravimétricos y 159 magnetométricos. La correlación de información nos ayudó a definir algunos límites estructurales con potencial sísmico, que junto con el modelado directo en 2D permitió estimar la profundidad y la geometría del complejo basal y de la cubierta sedimentaria. El modelo sugiere que la microsismicidad se concentra en la intersección de dos zonas o lineamientos con direcciones perpendiculares entre sí (NNW-SSE y NNE-SSW), en la cual probablemente ocurre una reactivación de las estructuras post-laramídicas. La sismicidad muestra una buena correlación espacial con las estructuras geológicas locales, en especial con la Cabalgadura Higuierillas, alrededor de la cual se distribuye la mayoría de los eventos. Esta estructura representa una zona de debilidad cortical, la cual localmente es una de las más grandes y potencialmente activas, mientras que las paleo-estructuras aledañas actúan como concentradoras de esfuerzos. En general, el nivel de sismicidad es menor que el que ocurre aproximadamente 70 km al noreste de Querétaro y en la zona media de San Luis Potosí, donde su distribución es más amplia, persistente y de magnitudes ligeramente más altas.

SIS-8

INTENSIDAD SÍSMICA EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO CON BASE EN ESPECTROS DE SEUDOACELERACIÓN DEDUCIDOS A PARTIR DEL REGISTRO DE MICROTREMORES

Zavala Gutiérrez Noel¹, Clemente Chávez Alejandro¹, Figueroa Soto Ángel², González Martínez Mario³ y Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel¹¹Universidad Autónoma de Querétaro²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
noel_zavala@hotmail.com

La ciudad de Querétaro actualmente carece de información del comportamiento dinámico del suelo que predomina en diferentes partes de la ciudad, esto visto desde un enfoque de riesgo y peligro sísmico. Por esta razón el presente estudio muestra el procedimiento llevado a cabo para la estimación de la intensidad sísmica, en términos de pseudoaceleraciones, que se presenta durante un evento telúrico determinado. En primera instancia se estimó el comportamiento dinámico del suelo en función de la frecuencia y la amplitud que lo caracterizan para poder establecer funciones de transferencia empíricas que definan al sitio. Lo anterior fue posible gracias al registro de microtemores en 76 puntos diferentes de la ciudad. Posteriormente se generaron acelerogramas sintéticos tomando como referencia el sismo ocurrido en Puebla el 19 de septiembre del 2017 de magnitud $M_w 7.1$ y de sismicidad tipo intraplaca. Finalmente, mediante espectros de pseudoaceleración de estos acelerogramas y la previa caracterización del suelo, se elaboró un escenario sísmico donde se estimaron los valores de pseudoaceleración que presenta cada sitio en la ciudad, mostrando los resultados en forma gráfica mediante un mapa que muestra las zonas con mayor vulnerabilidad de las edificaciones, base fundamental ante un plan de contingencia de protección civil.

SIS-9

ESTIMACIÓN DE PERIODOS FUNDAMENTALES Y NIVELES DE AMPLIFICACIÓN DEL SUELO PARA LA CIUDAD DE QUERÉTARO Y SU ZONA CONURBADA CON BASE EN REGISTROS DE VIBRACIÓN AMBIENTAL CON INSTRUMENTACIÓN DE BANDA ANCHA

Clemente Chávez Alejandro¹, Figueroa Soto Ángel Gregorio²,
Zavala Gutiérrez Noel¹ y González Martínez Mario³

¹Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Empresa Privada
ing_accch@hotmail.com

La ciudad de Querétaro está situada dentro de la Zona del Cinturón Volcánico Mexicano (MVB); varios han sido los aportes para estimar una carta de isoperíodos (Bustillos, 2005; González-Martínez, 2014; Manilla et al., 2017), sin embargo, los equipos de medición empleados han sido de alcances limitados así como la cobertura del área de las mediciones que han impedido lograr tener un panorama completo que permita sustentar nuevos criterios de diseño sísmico locales. Este trabajo presenta una estimación de periodos fundamentales y amplitudes confiables para la ciudad de Querétaro y su zona conurbada con criterios: a) del proyecto SESAME (2004) (Site Effects Assessment Using Ambient Excitation), b) recomendaciones de Martínez (2015) y c) con empleo de un sismógrafo de Banda Ancha, aspectos relevantes que permiten estimar amplitudes sísmicas confiables. La metodología es la aplicación de Técnica HVNR (Horizontal to Vertical Noise Ratio- Cociente Espectral) con la medición de ruido ambiental de alrededor de 70 sitios. Los resultados muestran, que en suelo blando, la mayoría de los sitios medidos tienen un rango amplificador en rango de periodos de 1 a 8.5s con amplitudes promedio superiores a 3.0; y por otro lado, algunos sitios en roca se muestran mínimas amplificaciones en el rango de periodos de 0.1 a 1s con amplitudes promedio inferiores a 3.5; esta situación evidencia cierta incongruencia con reglamento local y proporciona argumento para hacer una modificación del mismo que permita: 1) diseñar edificaciones con parámetros veraces y 2) una plena identificación de zonas de suelo blando y roca, aspecto del cual aún no cuenta el reglamento local.

SIS-10

DIFERENCIAS EN ATENUACIÓN SÍSMICA SOBRE EL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO (MVB); UN ESTUDIO DE LA SISMICIDAD DE SUBDUCCIÓN POR TRAYECTORIAS HACIA LA ZONA DEL MVB

Clemente Chávez Alejandro¹ y Figueroa Soto Ángel Gregorio²

¹Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
ing_accch@hotmail.com

El Cinturón Volcánico Mexicano (MVB) es una franja central de México con orientación este-oeste que incluye la gran parte de la población de este país. El MVB ha sufrido muchas sacudidas sísmicas, principalmente por eventos ocurridos en la zona de subducción. Esta zona es una de las zonas más activas en México. Este trabajo presenta el análisis de la señal de tres diferentes trayectorias y sus comparaciones con relaciones de atenuación bien conocidas. Las trayectorias son: 1) Oaxaca a MVB, 2) Colima a MVB y 3) Guerrero a MVB, todas ellas son de la fuente sísmica de subducción hacia dentro de la región del MVB. Noventa y siete registros de 12 eventos fueron analizados; 7, 6 y 5 sismos para cada trayectoria, respectivamente. Cada comportamiento es discutido y comparado en orden a tener una visión de la delimitación del peligro sísmico sobre el MVB y la posibilidad de cambios importantes en los reglamentos de construcción.

SIS-11

ESTUDIO DEL CAMPO DE VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL UTILIZANDO INTERFEROMETRÍA SÍSMICA

Esquivel Mendiola Leonarda Isabel¹, Iglesias Mendoza Arturo², Legrand Denis² y Calo Marco²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

²Instituto de Geofísica, UNAM.

leoisa.esquivelm@gmail.com

El Popocatepetl es uno de los volcanes en México que representa un alto riesgo para la población debido a la proximidad entre ésta y su cráter. Si se mejora el conocimiento de su estructura sísmica se podrá fortalecer el pronóstico de posible actividad eruptiva. Este trabajo presenta la primer tomografía de velocidad de grupo de onda Rayleigh del volcán para diferentes periodos. Se emplearon registros de ruido sísmico de 8 estaciones de una red temporal IGEF-SSN, entre junio de 2015 y agosto de 2016. A partir de la correlación cruzada de los registros de ruido sísmico se encontraron las funciones de correlación, entre pares de estaciones, que a su vez son proporcionales a las funciones de Green elásticas del medio de propagación entre ambas estaciones. Estas funciones de correlación fueron utilizadas para la

obtención de curvas de dispersión de velocidad de grupo de onda Rayleigh. Además utilizando una técnica de inversión fue posible obtener mapas tomográficos para diferentes periodos (1 s, 3 s, 5 s, 7 s, 10 s y 12 s). Los mapas tomográficos muestran una anomalía de baja velocidad en la región noroeste, mejor delimitada para periodos que alcanzan mayor profundidad de investigación; el análisis de la anomalía sugiere que puede estar asociada a una región de alta temperatura, material fracturado o poco consolidado. Para un periodo de 5s se observa un rasgo cercano al cráter que puede corresponder a las rocas magmáticas de gran consolidación. El cálculo de la tomografía permitió hacer más tangible la necesidad de una red robusta de estaciones que mejore la actividad de monitoreo del volcán, además de la importancia de implementación de una metodología adicional a las convencionales, que permita dar seguimiento a la actividad del mismo.

SIS-12

AVANCES CON LA TÉCNICA H/V PARA CARACTERIZAR MODELOS DE VELOCIDAD DE ONDAS DEL SUBSUELO

Perton Mathieu¹, Spica Zack², Granados Chavarría Ivan³ y Jousset Philippe⁴

¹Instituto de geofísica, Unidad Morelia, UNAM, IGUM

²Department of Geophysics Stanford University

³Instituto de geofísica, UNAM

⁴GFZ German Research Centre for Geosciences
mathieu.perton@gmail.com

La técnica de inversión de H/V (cociente espectral de energía horizontal sobre energía vertical asociado al ruido ambiental) ha tenido un gran éxito en la evaluación del peligro sísmico pero careciendo de fundamento teórico. Sánchez Sesma et al. mostro recientemente que un H/V, obtenido a partir de la auto-correlación de señales de ruido ambiental al nivel de una estación sísmica, es relacionado a la función de Green del medio (la respuesta elástica a una fuerza puntual y impulsional). Se podría entonces obtener un modelo de velocidad comparando los H/V obtenido con ruido y sus equivalentes teórico obtenidos suponiendo un medio estratificado horizontalmente. No obstante, se mostró también que varios modelos pueden resultar en un mismo H/V (no unicidad de la solución). Para obtener una solución unívoca, hemos considerado otras informaciones, tal como varios H/V al mismo tiempo, obtenidos en diferentes posiciones horizontales o verticales o curvas de dispersión de grupo y/o de fase de Rayleigh y/o de Love. Hemos aplicado esta técnica en varios lugares. La comparación contra modelos de referencia obtenidos a partir de otras técnicas geofísicas permitió validar así la técnica. Mostraremos varios de estos resultados. (trabajo realizado con el apoyo del proyecto GEMEX , CONVOCATORIA CONACYT-SENER : S0019, 2015-04 proyecto N: 267084)

SIS-13

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE UTILIZANDO CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE PARES DE ESTACIONES

Martínez Pedro¹, Aguirre González Jorge² y Ramírez Guzmán Leonardo²

¹Facultad de Ingeniería, F.I.

²Instituto de Ingeniería, UNAM
pumade97@gmail.com

Con el objetivo de obtener un perfil de velocidades de onda de corte de la Ciudad de México, se realizó una campaña de registro de microtemores. Fueron utilizados 15 sensores de banda ancha desplegados a lo largo de la ciudad cuyos límites fueron en el sur, en el pueblo de San Bartolomé Xicomulco, Ciudad de México y en el norte, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El diseño del arreglo fue en forma lineal, con una separación promedio de tres kilómetros entre estaciones. El tiempo de registro de ruido sísmico ambiental fue de 216 horas promedio. Para el procesamiento de datos voy a utilizar el método de correlaciones cruzadas entre pares de estaciones (interferometría sísmica). Con la interferometría sísmica es posible recuperar la función de Green que permite observar anomalías o variaciones laterales y al realizar un análisis de filtrado múltiple, cuyo producto es una curva de dispersión de ondas de Rayleigh nos indica la velocidad de grupo promedio en un rango de periodos determinado. Los resultados preliminares muestran que es posible recuperar la función de Green empírica con un apilado de 230 horas para un rango de periodos entre 1 a 5 segundos. En periodos cortos (< 15 segundos), las imágenes presentan buena correlación con las características geológicas superficiales que son útiles con fines geotécnicos.

SIS-14

DISCONTINUIDADES SÍSMICAS CORTICALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO OBSERVADAS CON FUNCIONES DE RECEPTOR

Pérez-Campos Xyoli¹, Pita Sllim Olivia D.², Aguilar Velázquez Manuel de Jesús³, Rodríguez Miguel¹, González Adriana¹, Espinosa Víctor H.¹, Bello Delia¹, Quintanar Luis¹, Ramírez Guzmán Leonardo⁴, Cárdenas Arturo¹, Unidad de Instrumentación Sísmica⁴, Pérez Jesús¹ y Rodríguez Rasilla Iván¹

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
xyoli@igeofisica.unam.mx

La Ciudad de México es la sede del gobierno federal y la ciudad más poblada del país. Se encuentra asentada en una cuenca sedimentaria que ha sido el origen de las ampliaciones que se presentan ante el paso de ondas sísmicas de los grandes sismos de subducción que ocurren en las costas del Pacífico a más de 350 km de distancia, y de sismos intraplaca más cercanos, como el del 19 de septiembre de 2017. Con el objetivo de mejorar nuestro conocimiento de la estructura sísmica de la ciudad y reducir la incertidumbre en modelado del movimiento en ella, en mayo de 2017 inició un ambicioso experimento. Éste ha consistido en la instalación de un conjunto de 18 a 22 estaciones de banda ancha que han registrado de manera continua por 3 a 5 días en un sitio, para ser reubicadas en un nuevo punto por un período similar, conformando una malla densa de puntos de medición con un espaciamiento de ~500 m entre estaciones. Además, se cuenta con 18 estaciones de la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) que se encuentran dentro de la Ciudad de México, las cuales han registrado de manera continua desde 2010. En este trabajo se han obtenido funciones de receptor, tanto en las estaciones del arreglo temporal, como en las estaciones permanentes de la RSVM. A pesar de que en el arreglo se han registrado pocos telesismos, dada la corta distancia entre estaciones, es posible identificar las ondas convertidas Ps de la discontinuidad de Mohorovic, así como de otras discontinuidades más someras. Además, es posible identificar las trayectorias de los eventos que han cruzado por capas someras de muy baja velocidad, de aquellas que no, pudiendo diferenciar la presencia de sedimentos del lago. Este proyecto ha sido financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECITI), proyecto SECITI/073/2016.

SIS-15

DIRECCIONES DE FRACTURAS SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Frez José, Nava Alejandro y Carlos Jaime
Departamento de Sismología, CICESE
jofrez@cicese.mx

Durante los últimos 30 años, hemos colocado redes de estaciones sismológicas con, generalmente 20 a 30 estaciones, de período corto y tres componentes en todas las fallas del Norte de Baja California. Al mismo tiempo, desarrollamos una técnica que utiliza el efecto sísmico Doppler para seleccionar cuál de los planos nodales es el de fractura. En este trabajo, hemos aplicado la técnica anterior a todos los mecanismos focales que tenemos disponibles en nuestros catálogos y, como resultado, obtenemos un mapa de unos pocos cientos de direcciones de fracturas en dicha región. Los resultados regionales muestran un patrón ortogonal de fracturas que se muestra y discute con detalles.

SIS-16

ESTUDIO DE ATENUACION DE LAS ONDAS S EN LA REGION SUR-CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

Castro Escamilla Raúl Ramón¹, Singh Shri Krishna², Joshi Anand³ y Singh Sandeep³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., CICESE

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology
raul@cicese.mx

Estudiamos la variabilidad del factor de calidad Q con la profundidad usando registros de la onda S de las estaciones regionales de la Red Sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) operada por el CICESE (Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, B.C.). Analizamos sismos localizados por Sumy et al. (2013) en la región sur del Golfo de California con hipocentros determinados combinando sismogramas de un arreglo de sismógrafos instalados en el fondo oceánico del experimento SCOBA, con estaciones de la red NARS-Baja. También usamos sismos adicionales relocalizados por Castro et al. (2017) en la misma región. Este catálogo de sismicidad destaca zonas de tectónica activa y deformación sísmica dentro del límite de las placas Pacífico-Norte América y permite estudiar las características de atenuación de la onda S en más detalle que en estudios previos. Determinamos funciones de atenuación en un rango de distancias entre 10 y 250 km y usamos el modelo de velocidades de González-Fernández et al. (2005) para estimar Q a diferentes frecuencias y profundidades. Para determinar Q

fijamos la función de dispersión geométrica $G(r) \sim 1/r$ para $r < 100$ km y $G(r) \sim 1/r^{\#}$ para $r > 100$ km. Encontramos que a 4 Hz $Q \sim 770$ para los primeros 5 km, aumentando a ~1200 hasta 10 km de profundidad donde Q empieza a decrecer gradualmente, alcanzando un valor de $Q \sim 970$ entre 25 y 40 km de profundidad. También usamos el valor esperado de $G(r) = 1/r$ para las ondas de cuerpo para estimar Q y encontramos que a frecuencias bajas ($f < 4$ Hz) esta función da valores similares de Q como los estimados con la función de dispersión geométrica que introduce un decaimiento más suave con la distancia para $r > 100$ km. 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-17

SISMOS NO IMPULSIVOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y LA DORSAL DEL PACÍFICO ORIENTAL, MÉXICO

Solano Ericka Alinne¹, Hjörleifsdóttir Vala² y Pérez-Campos Xyoli¹

¹Instituto de Industrias, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel

²Instituto de Geofísica, UNAM
alierika@gmail.com

Los sismos no impulsivos son eventos que producen ondas sísmicas que no presentan una onda P impulsiva y por consiguiente, pasan desapercibidos por los métodos convencionales de detección de sismos. Este tipo de eventos se han observado en distintos ambientes tectónicos, entre ellos, fallas transformantes oceánicas y zonas de subducción. Un rasgo característico de estos sismos es que su magnitud de ondas de cuerpo, mb, es menor que su magnitud de ondas superficiales, Ms. En este estudio utilizamos un nuevo método para la detección de eventos sísmicos no impulsivos, basado en la correlación cruzada de registros sísmicos continuos con el tensor de deformación de Green para buscar dichos eventos en el golfo de California abarcando el año de 2015. La segunda región de estudio es la región comprendida entre las fallas transformantes de Clipperton y Siqueiros en la dorsal del Pacífico oriental para los periodos de marzo 2012 y mayo 2016. Los resultados obtenidos son consistentes con un modelo de eventos transitorios de deslizamiento lento (slow slip transients) donde las caídas de esfuerzo calculadas son bajas, dando un indicativo de su deficiencia en altas frecuencias.

SIS-18

ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DEL BLOQUE DE JALISCO OCURRIDA A INICIOS DE MAYO DE 2016

López Jiménez Eduardo¹, Quinteros Cartaya Claudia Beatriz², Núñez Cornú Francisco Javier² y Núñez Escribano Diana²

¹SisVoc, Universidad de Guadalajara, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DACB

²SisVoc, Universidad de Guadalajara
eduardlopezj9@gmail.com

Históricamente, grandes terremotos han afectado la región del Bloque de Jalisco; tales como el terremoto de magnitud $M_w = 8.1$, en el año 1932; y el terremoto de $M_w = 8.0$, en 1995. En el año 2014, se dio inicio a un experimento denominado "Caracterización de la Corteza en el límite Placa de Rivera-Bloque de Jalisco y sus implicaciones para la evaluación del peligro sísmico y de tsunamis" (Proyecto TSUJAL), y durante la segunda etapa de este proyecto, en el año 2016, se instaló una red temporal de 30 estaciones sísmicas. En el mes de mayo de 2016, ocurrieron diversos enjambres sísmicos en la región, los cuales alcanzaron a ser registrados por gran parte de las estaciones de la red TSUJAL. En este trabajo, se presenta el análisis sísmico de la primera mitad del mes de mayo de 2016; tiempo durante el cual, ocurrió un enjambre localizado costa afuera, en las cercanías de la zona límite entre la Placa Rivera, Cocos y Bloque de Jalisco, el cual fue registrado por 15 de las estaciones temporales que, por su cercanía a dicha actividad sísmica, permitieron estimar de manera precisa la relocalización estos sismos. Preliminarmente, se estimó la localización y la magnitud local (ML) de los eventos haciendo uso del programa ANTELOPE. Posteriormente, se llevó a cabo la relocalización de los eventos con el programa HYPO71PC, empleando un modelo de velocidades local del Bloque de Jalisco. A partir de este análisis, se obtuvieron 336 eventos localizados, observando que el evento de mayor magnitud para este periodo fue de $ML=6.1$. Adicionalmente, para obtener la orientación de los planos nodales y los ejes de esfuerzos principales se estimaron los mecanismos focales.

SIS-19

ANÁLISIS DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO REGIONAL EN ESTRUCTURAS ALEDAÑAS A TRINCHERA MESOAMERICANA DE MÉXICO

Gómez González Juan Martín¹, Yela Portilla José Daniel¹ y Zahradnik Jiri²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Faculty of Mathematics and Physics, Charles University in Prague.
gomez@geociencias.unam.mx

Calculamos el tensor de momento sísmico regional (TMSR) de 11 sismos corticales de magnitudes pequeñas e intermedias ($3.2 < M_w < 6.2$), los cuales fueron

localizados por el SSN cerca de la trinchera Mesoamericana. Seleccionamos estos eventos porque fueron registrados con claridad en múltiples estaciones. La inversión del TMSR, basada en el método de mínimos cuadrados, optimiza el ajuste de las formas de onda entre los sismogramas observados y sintéticos, su cálculo es muy sensible al modelo de corteza utilizado. Para nuestras inversiones extraímos nuestros modelos de velocidad de un modelo tomográfico 3D. Evaluamos la sensibilidad y eficacia de las soluciones en función de la cantidad y distribución de las estaciones, así como de la calidad de las señales y la relación entre la magnitud y profundidad del evento con respecto a la distancia fuente-estación, la cual es fundamental para determinar el rango de frecuencias invertibles en cada evento. Encontramos que para modelar los eventos que ocurren cerca del Bloque de Jalisco (BJ) se requieren al menos dos modelos de velocidad, según la ubicación de las estaciones con respecto al límite Este. La inversión adecuada del TMSR depende principalmente de la distancia de la estación más lejana con respecto a la fuente, aunque también puede influir la magnitud del evento y la relación señal-ruido de los datos, lo que condiciona el intervalo de frecuencias para el cálculo de las funciones de Green, y para definir el filtro pasa-bandas más adecuado. La magnitud mínima que logramos invertir fue de 3.3. Una inversión confiable requiere de al menos 3 estaciones equidistantes con diferentes azimuts. La identificación del mínimo de estaciones permite lograr una estimación adecuada de la geometría de la fuente. La inversión con muy pocas estaciones es una condición extrema, en la que para garantizar la confiabilidad de la solución deben incluirse estimaciones del error, análisis de la relación de incertidumbre, la exploración del espacio de soluciones eliminando algún elemento ("jackknifing"), la reducción de la varianza, el porcentaje de doble par y el número de condición. Además, los análisis estadísticos incluidos en ISOLA permiten reducir la incertidumbre de los resultados. En varios de los eventos encontramos una buena asociación entre el mecanismo focal y las probables estructuras sismogénicas locales. La mayoría de los tensores que obtuvimos coinciden con la tectónica regional, lo que permitirá mejorar la identificación de las estructuras sismogénicas. Durante nuestros análisis también descubrimos algunas perturbaciones transitorias de largo periodo ("titlakes"), cuyo origen aún es desconocido. Dichas perturbaciones contaminan las señales y son una de las principales causas del fracaso de algunas inversiones, se encuentran escondidas principalmente en las componentes horizontales de eventos de magnitud inferior a 5. Su análisis y descripción permitirá mejorar el cálculo del TMR en México.

SIS-20

REGISTROS OBTENIDOS POR LA RED DE OBSERVACIÓN SÍSMICA DEL CENAPRED Y DE LA RACM DEL TEMBLOR DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 OCURRIDO EN PUEBLA-MORELOS (MW 7.1)

Valdés González Carlos Miguel¹, Salazar Peña Leobardo², Galaviz Alberto¹, Jiménez Velázquez Juan Carlos¹, Arreola Manzano Jonatán¹, Vázquez Espinosa de los Monteros Diana Marisol¹, Albarrán Cruz Jesús Emanuel¹, Viera Juárez Estefanía Monserrat¹ y Villa Montes Ana Daniela²

¹Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)

²Instituto Politécnico Nacional (IPN)

cvaldesg@cenapred.unam.mx

El 19 de septiembre de 2017, la Red de Observación Sísmica del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y de la Ciudad de México (RACM), registraron el evento sísmico de magnitud Mw7.1 localizado en las inmediaciones de Morelos Puebla, a 70 km del cráter del volcán Popocatepetl y a 120 km de la Ciudad de México, de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional (SSN). En el presente trabajo se muestran los registros obtenidos por ambas redes y se comparan con sismogramas sintéticos. Para la obtención de los sismogramas sintéticos, se ha empleado el método de diferencias finitas 2-D, con fuente puntual y solución para las componentes radial y vertical; el modelo propuesto para ambos casos proviene de inversiones obtenidas de datos de gravimétricos (CENAPRED-OYO Corporation 1989, NASA-GRACE 2005 y CENAPRED 2016) y susceptibilidad magnética (NASA-EMAG2 2009).

SIS-21

EL SISMO DEL 23 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN CIUDAD IXTEPEC, OAXACA (MW 6.1). ¿UNA RÉPLICA DEL GRAN SISMO DEL 8 DE SEPTIEMBRE (MW 8.2) O UN EVENTO INDEPENDIENTE?

Guzmán Speziale Marco, Mendoza Carlos y Gómez González Juan Martín
Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
marco@geociencias.unam.mx

El 8 de septiembre de 2017 (7 de septiembre en hora local) ocurrió el gran sismo de Arriaga, Chiapas con magnitud Mw 8.2, profundidad 46 km y fallamiento normal, con planos de falla paralelos a la trinchera. Miles de réplicas siguieron desde ese día. El 23 de septiembre de 2017, sólo unos cuantos días después del gran sismo de Arriaga, un evento de Mw 6.1 tuvo lugar en Ciudad Ixtepec, Oaxaca, a unos 220 km del epicentro del sismo de Arriaga. Inicialmente se reportó una profundidad de 57 km, pero después el USGS estimó 10 km. Dada la cercanía en tiempo y espacio, el evento de Ixtepec podría ser considerado una réplica del de Arriaga. La finalidad de este trabajo es determinar si lo es o no, mediante el uso de varias técnicas. En este trabajo examinamos la sismicidad regional que antecedió a los sismos de Arriaga

y Ixtepec, así como la que siguió. Analizamos, igualmente, los mecanismos focales disponibles antes y después. También modelamos formas de onda telesísmicas y regionales del evento de Ixtepec, para precisar la profundidad y el mecanismo focal. Nuestros resultados muestran que: 1. El mecanismo que mejor ajusta los datos regionales y telesísmicos es uno de fallamiento normal (rumbo 50°, echado 49°, desplazamiento -114°). 2. El evento tiene una profundidad somera: menor a los 15 km (modelado telesísmico) y 7 km (modelado regional). 3. No existe en el registro sísmico anterior a los eventos de Arriaga e Ixtepec sismicidad en los alrededores del hipocentro de Ixtepec. 4. Si hay registro de réplicas someras cerca del hipocentro de Ixtepec, hacia el sur y el este, pero no al norte o al oeste. 5. Los mecanismos focales de fallamiento normal disponibles (antes y después de los eventos) muestran planos de falla paralelos a la trinchera (rumbo general NW-SE) y solamente uno (M=5.1) tiene fallamiento parecido al sismo de Ixtepec (planos de falla con rumbo NE-SW). Concluimos que el evento de Ixtepec no es una réplica del de Arriaga. Su mecanismo, así como la disposición espacial de las réplicas, dan cuenta de la complejidad regional del área.

SIS-22

INTERPLATE COUPLING IN THE GUERRERO SEISMIC GAP

Tago Pacheco Josué¹, Nishimura Takuya², Cruz Atienza Víctor Manuel¹, Villafuerte Urbina Carlos David¹ y Kostoglodov Vladimir¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
josue.tago@gmail.com

In order to properly assess the seismic hazard in the Mexican Pacific Coast, we need an estimate of the interplate coupling across the subduction zone. In the Guerrero Seismic Gap, where Slow Slip Events (SSE) occur and no major earthquake (with Mw > 7) has happened for more than 100 years, the coupling up dip from the SSE region was not possible to evaluate with the onshore geodetic network before the binational Japanese-Mexican SATREPS research project. Thanks to this project, a much denser seismo-geodetic amphibious network was installed at the end of 2017 (Cruz-Atienza et al., 2018). With the collected data, especially offshore, a detailed analysis of the interseismic subduction process can be done. We invert the interplate coupling using the back-slip model, proposed by Savage (1983), within a constrained optimization framework using the adjoint method for the gradient computation. The crustal displacements observed at the geodetic stations are efficiently modeled with an integral representation theorem that uses pre-computed Somigliana's tensors. In order to deal with sparse data coverage and noisy data, we have implemented regularization terms and integrated a-priori information. The weight of the regularizations terms in the cost function is controlled by hyperparameters, whose optimal values are computed with Akaike's Bayesian Information Criterion (Fukahata et al., 2003). We present preliminary estimates of the interplate coupling in the Guerrero Gap to illustrate the potential of the new inversion method. References: * Cruz-Atienza, V.M., Y. Ito, V. Kostoglodov, V. Hjørleifsdóttir, A. Iglesias, J. Tago, M. Calò, J. Real, A. Husker, S. Ide, T. Nishimura, M. Shinohara, C. Mortera-Gutierrez and S. García, "A Seismo-Geodetic Amphibious Network in the Guerrero Seismic Gap, Mexico", *Seismological Research Letters*, doi: 10.1785/0220170173, 2018. * Fukahata, Y., A. Nishitani and M. Matsu'ura; Geodetic data inversion using ABIC to estimate slip history during one earthquake cycle with viscoelastic slip-response functions, *Geophysical Journal International*, 156(1), 40–153, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02122.x>, 2004 * Savage, J. C., A dislocation model of strain accumulation and release at a subduction zone, *J. Geophys. Res.*, 88(B6), 4984–4996, doi: 10.1029/JB088iB06p04984, 1983.

SIS-23

IMAGING THE EASTERN TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT WITH AMBIENT SEISMIC NOISE: EVIDENCE FOR A SLAB TEAR

Castillo Castellanos Jorge Alberto¹, Clayton Robert¹ y Pérez-Campos Xyoli²

¹California Institute of Technology, Caltech

²Universidad Nacional Autónoma de México
jacastil@caltech.edu

The eastern sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is an enigmatic narrow zone that lies just above where the Cocos plate displays a sharp transition in dipping angle in central Mexico. Current plate models indicate that the transition from flat to steeper subduction is continuous though this region, but the abrupt end of the TMVB suggests that the difference in subduction styles is more likely to be accommodated by a slab tear. Based on a high-resolution shear wave velocity and radial anisotropy model of the region, we argue that a slab tear within South Cocos can explain the abrupt end of the TMVB. We also quantify the azimuthal anisotropy beneath each seismic station and present a well-defined flow pattern that shows how mantle material is being displaced from beneath the slab to the mantle wedge though the tear in the subducted Cocos plate. We suggest that the toroidal mantle flow formed around the slab edges is responsible for the existence of the volcanic gap in central Mexico. Moreover, we propose that the temperature increase caused by the influx of hot, less-dense mantle material flowing through the tear to the Veracruz area may have significant implications on the thermomechanical state of the subducted slab, and explain why the intermediate-depth seismicity ends suddenly at the southern boundary of the Veracruz basin. The composite mantle flow formed

by the movement of mantle materials through the slab tears in western and southern Mexico may be allowing the Cocos plate to rollback in segments.

SIS-24

LOCALIZACIÓN HIPOCENTRAL DEL SISMO DE IBURI Y LOS EVENTOS SÍSMICOS SUBSECUENTES EN HOKKAIDO, JAPÓN

Pacheco Karim y Aoyama Hiroshi
Universidad de Hokkaido
karimpv@sci.hokudai.ac.jp

El 8 de julio de 2014 ocurrió un sismo de magnitud 5.6 que fue seguido por numerosas réplicas y enjambres de eventos en la región de Iburí, al norte de Japón en la isla de Hokkaido. Diversas localizaciones hipocentrales de rutina estimaron la profundidad del evento principal entre 3 y 6.2 km. Dicha variabilidad en la localización del evento es debida principalmente al limitado modelo de velocidades 1-D usado en su estimación. Estudios previos han determinado una compleja estructura del subsuelo en la región central de Hokkaido observando heterogeneidades de gran escala y cambios laterales en la distribución de las velocidades de onda sísmica. El objetivo del presente trabajo es lograr una localización hipocentral precisa del evento principal y los enjambres sísmicos subsecuentes, para lo cual se incluye la compleja estructura de velocidades mediante el cálculo de los arribos teóricos de onda sísmica P y S usando un modelo 3D. Por otra parte, los métodos de localización hipocentral usualmente comparan los tiempos de arribo teóricos con los observados en las trazas sísmicas para estimar la posición más óptima de la fuente. Este proceso sufre de un "trade-off" entre el tiempo de origen y la profundidad de la fuente sísmica por lo que hemos adoptado una técnica que utiliza las diferencias de tiempo de arribo entre estaciones. El valor mínimo estimado entre tiempos de arribo diferenciales observados y calculados corresponde a la localización de la fuente sísmica. De esta forma, no solo el tiempo de origen del evento sísmico es cancelado, sino que además los errores debido a la imprecisión del modelo de velocidades son disminuidos. Teniendo esta localización inicial, un algoritmo de inversión es aplicado mediante la perturbación de los parámetros hipocentrales para satisfacer los tiempos de arribo diferenciales observados. Dichas perturbaciones son calculadas a partir de los tiempos de viaje observados de una fase en particular y una matriz compuesta de las derivadas de Frechet de parámetros hipocentrales. A manera de comprobación, se realizaron diversas pruebas sintéticas confirmando que el método es suficientemente robusto y además se comporta adecuadamente ante imprecisiones en la estructura del modelo de velocidades. Aunado a lo anterior se utilizó el método de localización hipocentral propuesto por Grigoli et al. (2014) el cual se basa en el "stacking" de formas de onda a lo largo de los tiempos de arribo teóricos para obtener una matriz multidimensional cuyo valor máximo corresponde a la localización del evento sísmico. Se aplicaron ambos métodos descritos usando una detección automática de las fases basada en el short-term-average/long-term-average (STA/LTA) confirmando los resultados obtenidos mediante el picado visual de las fases de las ondas P y S para el evento principal y los enjambres sísmicos subsecuentes.

SIS-25 CARTEL

METAMATERIALES COMO ESTRUCTURA DE BLINDAJE DE EDIFICACIONES CONTRA SISMOS

Sánchez García Dulce Valeria, Vázquez Báez Víctor Manuel,
Gómez Ceballos Luis Fernando y Yañez Pérez Gabriela
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería
dulce1666@gmail.com

Recientemente ha surgido la propuesta de utilizar las propiedades de propagación de ondas en los metamateriales, tanto de origen natural como producto de la ingeniería, como recubrimiento de "blindaje" para proteger edificaciones y construcciones de la interacción con diferentes tipos de ondas sísmicas. En este trabajo presentamos una breve revisión de los resultados existentes en la literatura así como una breve reconstrucción de los datos experimentales por medio de una simulación numérica de un sistema de blindaje de este tipo. Se presentan también algunas perspectivas de trabajo futuro en este campo de las ciencias de la tierra con enfoque en su aplicación a la ingeniería civil.

SIS-26 CARTEL

SISTEMA EXPERIMENTAL DE BAJO COSTO PARA EL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS EN DISTINTOS MEDIOS SIMULTANEAMENTE

Alvarado Reyes José Manuel¹ y Reimer López Carl Michael Sune²
¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
jmar@ciencias.unam.mx

Es muy conocida la velocidad de propagación de una onda viajando en una infinidad de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. En este sentido, son bien sabidos los cambios de velocidad de una onda cuando cambia de un medio más denso a otro de mayor, o menor, densidad. Es importante mencionar que los experimentos mediante

los cuales se evalúa la velocidad de un determinado material son dos: Uno es mediante la determinación experimental del módulo de Young y la densidad del material, y el otro, es midiendo experimentalmente el tiempo de vuelo, medición del tiempo de inicio y final, de una onda que se propaga en un determinado material. Con estos conocimientos, generalmente, dados los estándares previamente evaluados, se estudian y analizan los cambios de velocidad o aceleración de una onda viajando en diferentes medios y, mediante modelos matemáticos, es posible simular el comportamiento de la onda propagándose simultáneamente en distintos medios. Con el objetivo de estudiar y analizar la propagación de ondas, en este trabajo se presenta un sistema robusto en donde es posible experimentar la propagación de una onda viajando en diferentes medios simultáneamente. El sistema presentado permite analizar la propagación de una onda mediante la detección de la señal en diferentes puntos del sistema; estas señales son detectadas mediante sensores piezoeléctricos de vibración. Algunos resultados obtenidos auguran la posibilidad de emplear dicho sistema como un acercamiento experimental al análisis y estudio de ondas sísmicas. Trabajo Apoyado Por DGAPA mediante el Proyecto PAPIIME PE 110216

SIS-27 CARTEL

AN UPDATED AND UNIFIED EARTHQUAKE CATALOG FOR SEISMOTECTONIC AND SEISMIC HAZARD ASSESSMENT STUDIES IN MEXICO

Sawires Rashad¹, Núñez Cornú Francisco Javier² y Peláez José Antonio³

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara, 48280-Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico; Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, 71516-Assiut, Egypt

²Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara, 48280-Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico

³Department of Physics, University of Jaén, 23071-Jaén, Spain
rashad.sawires@gmail.com

Instrumental earthquake catalogs show the overall seismicity of the Earth. However, examining and inspecting the historical earthquakes plus the instrumental recorded events is necessary to understand long-term seismicity. Moreover, regional seismic and focal mechanism catalogs provide critical information for different seismological investigations, including both seismic hazard assessments and seismotectonic studies. The current work aims at preparing new and up-to-date unified and Poissonian earthquake catalog for Mexico including the focal mechanism solutions data, so that the earthquake information can be reached from a single source. Details of data compilation efforts including the removal of duplicate events, unification of the magnitude scales, declustering of the catalog and completeness analysis are presented here. A catalog for earthquakes that occurred in Mexico and its vicinity until the year 2018 was compiled for achieving a unified magnitude scale. Data were collected from various sources; local, regional and international ones (e.g., the International Seismological Center, U.S. Geological Survey, Global Centroid Moment Tensor solutions and the Mexican National Seismological Service (Servicio Sismológico Nacional)). The initial compilation spanning a region from 12° to 34°N latitudes and from 85° to 119°W longitudes, and includes all the events having an assigned magnitude over 4.0 on any magnitude scale. Earthquake magnitudes are reported in different scales and come from a variety of sources. The initial compiled catalog comprised a total of about 107,000 earthquakes (from 1507 to 2018). In addition, a focal mechanism solution database was compiled. This database contains 1750 fault-plane solutions gathered from different published sources, covering the time period from 1976 to 2016. New magnitude-conversion relationships among various reported magnitude scales are developed within the aim of having a unified moment (Mw) magnitude estimates. All non-Poissonian (dependent) events were removed using the approach proposed by Gardner and Knopoff (1974). A total of about 5400 events represent the final Poissonian earthquake catalog including main shocks with a magnitude above or equal to MW 4.0. Finally, the degree of completeness for the entire catalog was checked for the different magnitude ranges and regions. The results have been interpreted in the framework of the establishment and development of the international and national seismic networks. KEYWORDS: Earthquake catalog, focal mechanism solutions, Servicio Sismológico Nacional, seismic hazard, Mexico

SIS-28 CARTEL

ANÁLISIS DE SISMOS LOCALES INDUCIDOS POR EL TERREMOTO DEL 19 DE SEPTIEMBRE 2017, EN PUEBLA, MORELOS Y CIUDAD DE MÉXICO

Palomque Jiménez Jocelin¹, Velueta Zapata Vianey¹,
Castillo Rodríguez Keila² y Salazar Peña Leobardo²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²Instituto Politécnico Nacional
jocelinpi@outlook.com

Debido al alto impacto de los sismos en el desarrollo de las naciones, es de suma importancia su estudio. La Ciudad de México se ve muy afectada por los sismos y es por esto por lo que se debe estudiar con mucho afán los eventos que la afectan. El sismo del 19 de septiembre de 2017 dejó una gran cantidad de afectaciones en los estados de Puebla, Morelos y Ciudad de México. Particularmente se manifestaron eventos sísmicos locales ocurridos después del sismo, que se asumieron inducidos por el evento principal. Para analizar los sismos locales inducidos se dividió en

cuatro cuadrantes entorno al epicentro del sismo del 19 de septiembre, considerando una distancia epicentral de 100 a 150 kilómetros. En lapso de tiempo de análisis se consideró hasta abril de 2018. Se obtuvo la gráfica en tiempo del número de sismos locales ocurridos antes y posterior al sismo principal, siendo notorio el incremento de estos eventos posterior al sismo. Lo anterior, disponiendo de la base de datos de la Red Nacional del SSN. La sismicidad se analizó empleando simulación computacional separada por cuadrantes. De los cuatro cuadrantes, resulta importante el análisis donde se ubica la Ciudad de México. Particularmente y para el análisis de eventos locales inducidos, en la Ciudad de México, se dispuso de soluciones de mecanismo focal, incluidos en el Atlas de Riesgo de la Ciudad del año 2010, su Capítulo de Fallas Tectónicamente Activas. Empleando los datos de los mecanismos, se confrontó la ocurrencia de sismos inducidos con las fallas ya existentes reportadas en el Atlas. Se identificaron así varios eventos que coincidieron con fallas activas, en la que se asumió una consistencia en su mecanismo focal. Los resultados de este análisis pueden entonces ser utilizados en la actualización del Atlas de Riesgo de la Ciudad de México para fallas activas, y nos ayuda a tener una idea de las zonas más vulnerables como eventos inducidos debido a un sismo importante.

SIS-29 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE LOS ENJAMBRES SÍSMICOS OCURRIDOS AL NW DE GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO, DE 2015 A 2017

Zamora Camacho Araceli¹, Espíndola Juan Manuel¹, Gutiérrez Quiriat Jearim³, Yamamoto Jaime², Márquez Ramírez Víctor Hugo¹ y Castellanos Guillermo³

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

⁴Centro de Geociencias, UNAM

⁵Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
zaraceli@yahoo.com.mx

La región al NW de la ciudad de Guadalajara, Jalisco ha estado sujeta a frecuente actividad sísmica con eventos intracorticales de baja a moderada magnitud, que sin embargo han causado desastres en tiempos históricos. Tal es el caso del sismo del 11 de febrero de 1875 que destruyó el cercano poblado de San Cristóbal de la Barranca, situado a unos 30 km de Zapopan. Posteriormente, durante el periodo de principios de mayo a septiembre de 1912 tuvo lugar un enjambre que causó consternación entre la población de Guadalajara y los poblados cercanos. Más recientemente, el 18 de mayo de 2012 ocurrió otro sismo con epicentro en el borde oeste de Lago de Chapala de magnitud 4.2. Dado que esta actividad parece estar relacionada con el tectonismo que da origen a la convergencia de los grabens de Tepic Zacoalco, Chapala y Colima, mismo que opera permanentemente en el área, establecimos un arreglo de tres sismómetros de banda ancha en la periferia del área, para determinar la sismicidad de fondo. De esta manera nos fue posible registrar la ocurrencia de los más recientes enjambres sísmicos ocurridos en diciembre de 2015, mayo de 2016 y de enero a septiembre de 2017. El análisis preliminar de esta información nos permitió localizar los siguientes eventos de dichos enjambres: En el enjambre de diciembre de 2015 se localizaron ocho eventos de magnitud 3.4 a 4.4 y máxima profundidad de 25 km. Del enjambre de mayo de 2016 se localizaron 31 eventos con una magnitud máxima de 4.8. Finalmente, en el último periodo se localizaron 372 sismos con profundidades de hasta 20 km. Un número importante de sismos presentan epicentros en la localidad de Tesistán y poblados aledaños. La magnitud de cada uno de todo el grupo de eventos se determinó en el intervalo de 0 a 4.2.

SIS-30 CARTEL

TOMOGRAFÍA DE VELOCIDAD DE GRUPO DE ONDA DE RAYLEIGH PARA EL GRABEN DE ACAMBAY POR MEDIO DE RUIDO SÍSMICO

Valderrama Membrillo Sergio
Instituto de Ingeniería, UNAM
svalderramam09@gmail.com

En el presente trabajo se usaron señales de ruido sísmico para obtener la función de Green para pares de estaciones, por medio de correlaciones cruzadas de la componente vertical. Se ocuparon 10 estaciones sísmicas. Los registros sísmicos de las estaciones contemplaban grabaciones de mayo del 2015 a septiembre del 2016, todas las estaciones grabaron a 100 mps. Para la recuperación de la función de Green primero se pre-procesaron las señales de manera individual. Posteriormente se llevó a cabo la correlación cruzada en ventanas de 10 minutos. Después de apilar todas las correlaciones se recuperó la función de Green entre cada par de estaciones. A partir de la función de Green extraída se realizó un filtrado múltiple de banda estrecha para generar las curvas de dispersión de onda de Rayleigh entre cada par de estaciones. Las mediciones de velocidad de grupo se invirtieron para generar la tomografía en frecuencias discretas (0.1-0.5 Hz). De acuerdo con pruebas de resolución por medio del tablero de ajedrez se utilizaron celdas cuadradas de 6 km de lado, cubriendo un área total de 1,008 km². Los resultados muestran buenas correlaciones tanto con estructuras geológicas profundas como superficiales. Por lo que se observa en los resultados, las fallas del graben de Acambay controlan las tomografías, es decir limitan zonas de velocidad o cambios de velocidad. Los resultados precisan cuerpos anómalos que concuerdan en dirección y en dimensión

con estudios geofísicos de la región. Las bajas velocidades coinciden con el volcán Temascalcingo, las velocidades bajas podrían estar asociadas a material volcánico sedimentario altamente alterado. Se obtuvieron perfiles de velocidad de corte en dirección S-N a través de la inversión de las curvas de dispersión. Algunos perfiles muestran la influencia de las fallas del graben, se comparan algunos perfiles de velocidad de corte con perfiles a partir de estudios geofísicos de la zona. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de la distribución de las estructuras profundas del graben de Acambay.

SIS-31 CARTEL

SEISMIC OBSERVATION OF SLOW EARTHQUAKES IN NANKAI, CASCADIA, AND MEXICO

Ide Satoshi
University of Tokyo
ide@eps.s.u-tokyo.ac.jp

Nankai, Cascadia, and Mexico are three regions where tectonic tremors are clearly observed simultaneously with slow slip events (SSE). Tremors occur episodically with spatially characteristic manner, and often strongly modulated by tidal stress. For any regional group of tremors, high-frequency seismic signals are universally accompanied with very low-frequency (VLF) signals, which can be utilized to evaluate the orientation and magnitude of slow deformation. We also observe some quantitative differences, such as tremor zone size, average recurrence interval, and the seismic moment of SSE. I summarize recent studies on seismic observation of tremors and VLF signals in these regions, and propose a stochastic model that can explain similarity and difference in the behavior of broadband slow earthquakes.

SIS-32 CARTEL

EL ENTORNO SISMOTECTÓNICO DEL SISMO DE ARRIAGA, CHIAPAS, DEL 8 DE SEPTIEMBRE DE 2017 (MW=8.2)

Robayo Robayo David y Guzmán Speziale Marco
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
adrobayor@gmail.com

El Golfo de Tehuantepec es una de las zonas con menor ocurrencia de sismos mayores de toda la costa del Pacífico de México. Sin embargo, el 8 de septiembre de 2017 ocurrió un evento de magnitud 8.2 con epicentro en las coordenadas 14.761°N y -94.103°W y 45.9 km de profundidad a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Es de especial interés comprender la naturaleza del entorno tectónico y sismológico en los que ocurrió el sismo. El evento interés de este estudio es un sismo intraplaca, donde las relaciones espacio-temporales de ocurrencia de eventos son diferentes a los sismos de convergencia de placa, por lo que el estimado para periodos de retorno de este tipo de sismicidad se da en intervalos muy amplios cubriendo hasta miles de años y la distribución de la misma no es regular. Se propone trabajar con la sismicidad que se presenta en el Golfo de Tehuantepec entre las coordenadas 12°N a 19°N de latitud y 90°W a 99°W longitud, esta área a su vez se divide en áreas rectangulares perpendiculares a la trinchera, para observar posibles clusters, cambios en el ángulo de la placa Cocos, soportado en los tensores de momento del catálogo de CMT de los eventos mas representativos, que permitan hacer una interpretación de las condiciones sismotectónicas en el Golfo de Tehuantepec y su relación con el evento del 8 de septiembre.

SIS-33 CARTEL

THE ORIGIN OF THE RECENT (2012–2016) SEISMIC ACTIVITY IN THE GUADALAJARA, JALISCO, MEXICO, AREA: A BLOCK BOUNDARY INTERACTION?

Yamamoto Jaime¹, Espíndola Juan Manuel¹, Zamora Camacho Araceli² y Castellanos Guillermo³
¹Instituto de Geofísica UNAM
²Centro Universitario de la Costa U de G
³Universidad de Guadalajara
yamas@igeofisica.unam.mx

The central part of Jalisco, Mexico, has experienced low-magnitude earthquake sequences and swarms. Although the effects of these earthquakes have been limited to relatively small areas, the earthquakes have caused general alarm among the population and, in some cases, have been catastrophic. These earthquake swarms are significant because they affect the most populous area of the state, including the capital city of Guadalajara. An extraordinary example is an earthquake swarm that started on 8 May 1912 and lasted until September of that year. The region remained seismically quiescent until May 2012, when seismic activity resumed, lasting to the present. We analyze the recent seismic activity, starting with the earthquake of 18 May 2012 (03:07 UT) at the western edge of Lake Chapala and ending with the magnitude 4.2 earthquake on 3 November 2016. Our analysis includes eight earthquakes with magnitudes between 3.5 and 4.8, the revision of hypocenter locations, and the determination of focal mechanism solutions using the inversion of the moment tensor method. When possible, inversion solutions are compared with solutions obtained with the first arrival polarity method. We compare our results for the recent seismicity with the distribution of reported damage associated with historical earthquakes. Our work indicates a N-S trending seismic source zone and

an orientation of nodal planes that suggests reactivation of preexisting local faults induced by the interaction of the western border of the Trans-Mexican Volcanic Belt with the eastern border of the Jalisco Block.

SIS-34 CARTEL

MODELO ESTOCÁSTICO DE RUPTURA APLICADO A LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS SÍSMICOS: TREMOLO

Monterrubio-Velasco Marisol¹, Zúñiga-Dávila Madrid Francisco Ramón², Rodríguez-Pérez Qetzalcóatl³, Carrasco-Jiménez Juan Carlos⁴, Márquez Ramírez Víctor Hugo⁵ y De la Puente Josep⁶

¹CONACYT-Barcelona Supercomputing Center

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM

³CONACYT-Centro de Geociencias, UNAM

⁴Barcelona Supercomputing Center

⁵marisolmonterrub@gmail.com

Los procesos de ruptura de cualquier material heterogéneo constituyen un problema físico complejo. Los terremotos son el resultado de la ruptura en la corteza terrestre debido a las acumulaciones de deformación derivadas del movimiento tectónico. Este proceso de ruptura es difícil de modelar determinísticamente debido al gran número de parámetros y a las condiciones físicas, que son en gran parte desconocidas. Por la razón anterior, es necesario estudiar los procesos sísmicos desde diferentes enfoques. La física computacional ofrece formas alternativas de afrontar el proceso de ruptura en la corteza terrestre mediante la generación de datos sísmicos sintéticos, utilizando modelos físicos y estadísticos. El modelo de Haces de Fibras (Fiber Bundle, FBM) es un modelo de tipo autómatas celular que estudia y modela los complejos procesos de ruptura de materiales heterogéneos en una amplia gama de fenómenos. En este trabajo, describimos un nuevo enfoque basado en el FBM para estudiar principalmente el proceso de ruptura de las asperezas y de las réplicas sísmicas. Estos dos escenarios de ruptura se implementan dentro del algoritmo TREMOLO (stochastic Rupture Earthquake Model). Este modelo requiere de pocos parámetros de entrada para generar distintos escenarios. Además, no utiliza ninguna ecuación de la elastodinámica o mecánica de ruptura y los patrones estadísticos (en los dominios de tiempo, magnitud y espacio) se generan de forma espontánea cuando los parámetros del modelo son los óptimos. La novedad de este trabajo radica en el estudio de los procesos de ruptura dinámica de la Tierra mediante el uso de un modelo autómatas celular que describe la ruptura de materiales heterogéneos con restricciones simples. Este modelo estocástico requiere una gran cantidad de experimentos numéricos para reducir las incertidumbres y dar solidez al método. Así que explotamos la computación de alto rendimiento (High Performance Computing, HPC), para aumentar el número de experimentos numéricos. También presentamos un enfoque de aprendizaje automático (Machine Learning, ML) para seleccionar los parámetros del modelo que más se aproximan a las características estadísticas reales.

SIS-35 CARTEL

COMPARATIVE STUDIES OF MEXICAN AND JAPANESE SCIENCE EDUCATION ABOUT SEISMOLOGY

Iwahori Takuya, Nakano Genta y Yamori Katsuya
Disaster Prevention Research Institute
iwahori@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

The purpose of this research is to compare curriculum of public education between Japan and Mexico with specific focus of knowledge of seismology. The authors at first review the curriculum of each country, and secondly, carried out practice of disaster education in a university in Mexico City and analyzed the questioner survey of the class. As the result "plate tectonics" is the key to compare the system of the knowledge learned in the course of public education in each country. Other than that, there is a curious difference about the cognition of earthquake, in that whether they regard waveform data as tremor or not.

SIS-36 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RED SISMOLÓGICA EXISTENTE Y CON LA PROPUESTA DE NUEVOS OBSERVATORIOS SÍSMICOS PARA UNA SELECCIÓN ÓPTIMA DE SITIOS

Cárdenas Monroy Caridad, Sánchez Herrera J. Roberto Amadeo, Contreras Ruiz Esparza Moisés Gerardo y Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional Instituto de Geofísica
Servicio Sismológico Nacional, SSN
aquí.cari@gmail.com

Los catálogos de sismos son uno de los productos más importantes de las redes sismológicas. La completitud en la detección de temblores desde pequeñas magnitudes es un parámetro fundamental para estudios estadísticos y análisis de peligro sísmico a nivel nacional. Actualmente, la red de estaciones con que cuenta el servicio Sismológico Nacional no tiene una cobertura uniforme. Sin embargo, presenta un buen nivel de detección en algunas zonas del país pero tiene casi nula cobertura en otras; por ejemplo en la región norte. Para poder mejorar la magnitud mínima detectable de manera uniforme en todo el país, es necesario aumentar el

número de observatorios sismológicos. En este trabajo se hace un estudio detallado de las capacidades de detección de la red sísmica con que cuenta el Servicio Sismológico Nacional (SSN), incluyendo estaciones de otras instituciones con las que colabora. El estudio se hace desde diferentes perspectivas; analizando los mapas de sismicidad reportados con base en catálogo del SSN, los niveles de detección dados los niveles de ruido de las estaciones sismológicas y mediante un análisis de los niveles de incertidumbre en las localizaciones. Con base en el análisis de la cobertura de la red existente así como condiciones sociales y geológicas del lugar, se proponen los sitios óptimos para la instalación de nuevos Observatorios Sismológicos Estándar (OSE). Con estas nuevas instalaciones en los sitios propuestos se espera que la capacidad de detección de la red del SSN mejore considerablemente, de tal manera que sea posible detectar sismos de magnitud mayor o igual 3.8 en cualquier parte de la República Mexicana.

SIS-37 CARTEL

THE SEPTEMBER 2017 TEHUANTEPEC, MEXICO (M=8.2) EARTHQUAKE: AFTERSHOCK LOCATIONS USING A TEMPORARY SEISMIC NETWORK

Velasco Aaron¹, Ayala Cortez Solymar¹, Karplus Marianne S.¹, Dena Ornelas Oscar Sotero², González-Huizar Héctor¹, Husker Allen³ y Pérez-Campos Xyoli³

¹University of Texas at El Paso, El Paso, TX, United States,

²Universidad Autónoma Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México

³Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, aavelasco@utep.edu

The Tehuantepec, Mexico (M=8.2) was followed by the September 19 Morelos-Puebla, Mexico (M=7.1) earthquakes, and both ruptured with extensional faulting within the Cocos Plate at ~70-km and ~50-km depth, respectively. Few aftershocks followed the Morelos-Puebla earthquake, so we deployed 10 broadband seismometers near the epicenter of the September 7 Tehuantepec, Mexico earthquake and 51 UTEP-owned nodes (5-Hz, 3-component geophones) to record aftershocks and augment temporary and permanent networks deployed by the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The 10 broadband instruments were deployed in early Oct. 2017 for 6 months, while the nodes were deployed 25 days. Although offshore, the Tehuantepec epicentral region was azimuthally covered by an onshore deployment due to its geography, as well current stations run by the Servicio Sismológico Nacional (SSN) at the UNAM. Using data from our temporary network plus the UNAM permanent network, we build a database of automated detections and locations of the aftershocks, using detection and association parameters optimized for local seismic networks. We will manually check our results, plus compare our results with the SSN catalogue. Our analysis will allow us to investigate fault geometries from the aftershock locations, and in the future, will allow for the analysis of stress release and orientation from the determination of fault plane solutions, plus site effects and characteristics in regions of extensive damage.

SIS-38 CARTEL

POSIBLE INFLUENCIA ANTROPOGENICA EN OCURRENCIA DE LOS FENÓMENOS PREMONITORES RELACIONADOS CON LA SISMICIDAD EN EL CUENCA DE DISPERSIÓN CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Sarychikhina Olga, Glowacka Ewa, Vázquez González Rogelio, Fuentes Arreazola Mario, García Arthur Miguel Ángel, Farfan Francisco y Galvez Oscar
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
osarytch@cicese.mx

En 24 de mayo de 2006 ocurrió un sismo con magnitud 5.4 en la falla Morelia, en el límite occidental de la cuenca de Cerro Prieto, en cercanía del campo geotérmico Cerro Prieto. Tanto sismo principal, como sus réplicas fueron acompañados por los cambios de deformación, cambios de nivel de agua subterránea y temperatura antes, durante y después de la secuencia (Sarychikhina et al., 2009, 2018 a, b). Para la producción de la energía eléctrica, desde 1973 se extraen grandes volúmenes de fluidos geotérmicos en el campo geotérmico Cerro Prieto, causando la disminución de la presión en los reservorios e influenciando, en la zona, el estado de esfuerzos de la corteza. Desde 1996, la cuenca de Cerro Prieto está instrumentada con extensómetros, inclinómetros (con registros semi continuos) y testigos que forman parte de la red REDECAM y desde 2003 con piezómetros (con registros semi continuos) que forman parte de la red MVPN, ambos de CICESE. Aparte la zona esta monitoreada (por CFE, CICESE, IMTA) desde años 70's con trabajos de nivelación y desde 1994 con imágenes satelitales. Analizando datos históricos y nuevos Glowacka (et al., 1999), Nava y Glowacka (1999), Glowacka (et al 2009), Sarychikhina (et al., 2011), mostraron que extracción de fluidos geotermiales está causando subsidencia de terreno y creep en las fallas que forman límite de la zona de extracción. En el presente trabajo se realizó un análisis cualitativo de las condiciones tectónicas, hidrogeológicas, propiedades y comportamiento de las fallas que forman límite de la cuenca, actividades de extracción de fluido, y observaciones instrumentales, para poder concluir que las condiciones específicas de la zona de análisis podían explicar el fenómeno de anomalías premonitores observadas en relación con la secuencia sísmica del sismo 5.4 de mayo de 2006 en la cuenca de Cerro Prieto. Para confirmar nuestra hipótesis estamos proponiendo que observaciones semi continuas de deformación y cambios de nivel de agua deben

estar implementadas en ambos lados de las fallas que forman el límite de la zona afecta por la extracción de fluidos.

SIS-39 CARTEL

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL BLOQUE DE JALISCO A PARTIR DE DATOS DEL PROYECTO TSUJAL

Guzmán de la Cruz Miguel Ángel¹, Núñez Escribano Diana¹, Núñez Cornú Francisco Javier¹, Córdoba Barba Diego² y Acosta Hernández Jorge Alberto³

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara

²Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DABC
m.guzdlc@gmail.com

La sismicidad en el Bloque de Jalisco ha sido de gran interés por la comunidad científica de México debido a que en esta zona han ocurrido los terremotos de mayor magnitud en la historia sísmica reciente de México, el cual es resultado del contacto entre la Placa de Rivera y la Placa de Norteamérica. Este trabajo de investigación se realizó con base en los datos sismológicos de la segunda fase del Proyecto TsuJal (sísmica pasiva) que consistió en la instalación de una red temporal sísmica de 19 estaciones con registro continuo desde el mes de marzo hasta octubre del año 2016, con la finalidad de monitorear la sismicidad asociada a la tectónica del área de estudio. Los datos presentados en este trabajo corresponden al mes de agosto de 2016. Se realizó una comparación con la sismicidad registrada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) contra los datos procesados en este mes, en los que se observó una densidad de sismos mayor. Para este mes se obtuvieron 346 sismos, se calcularon las magnitudes (ML) con el software ANTELOPE y se obtuvo su localización y profundidad epicentral con el software HYPOTPC mediante un modelo de velocidades de Onda P regional, así como el cálculo de mecanismos focales compuestos con el software MECFOR. Como resultado se obtuvieron magnitudes en un rango de 1.0 # ML # 5.6 y profundidades de 0 # Km # 150 así como dos lineamientos sísmicos que explican la zona de transición entre la Placa de Rivera y la Placa de Cocos. De manera general, la sismicidad en el Bloque de Jalisco sugiere que algunas estructuras no han sido mapeadas, lo que da como resultado la existencia de nuevas fallas activas además de la compleja tectónica que se tiene en esta región del occidente de México.

SIS-40 CARTEL

DETECCIÓN DE SISMICIDAD EN LA ESTACIÓN DE LINARES, NUEVO LEÓN MEDIANTE UN ALGORITMO STA/LTA

Martínez Luis D.¹, Pérez-Campos Xyoli² y Montalvo-Arrieta Juan C.³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León
luis_martinez25@hotmail.com

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con dos estaciones sismológicas en el estado de Nuevo León, LNIG (Linares) y MNIG (Monterrey). Este estado ha sido conocido como una región tectónicamente estable y con ausencia de movimientos fuertes. Pese a esto, ha habido algunas secuencias sísmicas a lo largo de los años; desde la puesta en marcha de la estación LNIG se han documentado dos, la primera de ellas en 2012 y la segunda, en los años 2013 – 2014. En este trabajo se analizó una secuencia de 139 sismos (2.3 # Mc # 4.5) que se presentó desde octubre de 2013 hasta junio de 2014, reportada por el SSN y previamente estudiada por Paz Martínez (2017) y Montalvo-Arrieta et al. (2018). En este trabajo realizamos una búsqueda de sismicidad local en la estación LNIG mediante un algoritmo STA/LTA, identificado adecuadamente los sismos previamente reportados por el SSN, así como sismos adicionales. Al ser sismos muy pequeños, la mayoría de ellos no fueron registrados en la estación MNIG; o bien, las formas de onda en esa estación no fueron muy claras, aumentando la incertidumbre en la localización. Por ello se empleó el método del azimut inverso en la estación LNIG para localizar todos los sismos detectados. Con las nuevas localizaciones se ha conformado un nuevo catálogo, utilizando la magnitud local propuesta por Paz Martínez (2017), en lugar de magnitudes coda reportadas por el SSN, revisando la relación Gutenberg-Richter.

SIS-41 CARTEL

TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE LA ANOMALÍA DE BAJA VELOCIDAD DE ONDAS SÍSMICAS DE LA REGIÓN DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ Y SUS IMPLICACIONES TECTÓNICAS

Córdoba-Montiel Francisco¹, Iglesias Mendoza Arturo², Legrand Denis², Singh Shri Krishna², Pérez-Campos Xyoli², Castro Artola Oscar Alberto², Mendoza Carvajal Antonio de Jesús², Sieron Katrin¹ y Hernández García José de Jesús¹

¹Universidad Veracruzana, UV

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
fcordoba@uv.mx

La región de Los Tuxtlas, ubicada en el sur del estado de Veracruz, se encuentra inmersa en la convergencia de varias anomalías geofísicas, tales como una de baja velocidad de ondas sísmicas, evidenciada por al menos tres estudios tomográficos recientes; magnética, gravimétrica y de baja resistividad; que en conjunto requieren una interpretación. Particularmente, es necesario explicar la contradicción manifiesta entre la anomalía gravimétrica de Bouguer positiva que cubre el Campo Volcánico de Los Tuxtlas (CVLT) y la de baja velocidad de propagación de ondas sísmicas, que evidencia un importante espesor de sedimentos ubicados en la corteza superior en la cuenca deltaica de Veracruz. Ambas anomalías son incompatibles a priori entre ellas. Por otra parte, la anomalía magnética de la misma región es una evidencia de la susceptibilidad magnética de las rocas volcánicas de las rocas del CVLT. Desde el punto de vista vulcanológico, esta región ha planteado el dilema de su relación con el origen del vulcanismo de la Faja Volcánica TransMexicana (FVTM), producto del proceso de subducción de la Placa de Cocos debajo de la Norteamericana y su continuidad o ausencia de ésta. Esta región (CVLT) se caracteriza por su naturaleza volcánica que incluye más de 350 aparatos volcánicos monogenéticos y uno poligenético (San Martín Tuxtla) como muestra de un vulcanismo activo que ha migrado en la dirección SE-NO, desde los edificios volcánicos hoy considerados extintos: el volcán San Martín Pajapan y el Santa Marta. Respecto a la sismicidad local, si bien es cierto que la actividad cortical de esta índole es de baja a escasa, también lo es que la historia sísmica reciente representada en el evento superficial con fallamiento inverso del 26 de agosto de 1959 y Mw 6.4, plantea un riesgo sísmico importante en una región que en las últimas décadas se ha caracterizado por su significativo crecimiento poblacional y de infraestructura industrial y portuaria; además de la notoria sismicidad profunda que ocurre en la placa subducida. Por otra parte, la interpretación tectónica requiere del modelado de estructura cortical que provea detalles de la interacción entre la cuenca sedimentaria de Veracruz y el macizo de Los Tuxtlas. Un mejor conocimiento de la estructura de baja velocidad sísmica, en particular su tamaño y su profundidad, se logrará realizando una tomografía de ruido sísmico en la región. También se analizará la sismicidad de la zona y se determinarán los mecanismos focales que los datos así lo permitan. En este trabajo se presenta el diseño de un experimento basado en un arreglo temporal de al menos 15 estaciones sísmicas instaladas durante un año, cuya misión es la obtención de datos de banda ancha que permitan el estudio de esta región con una resolución sin precedente, a partir de técnicas que coadyuven a un mejor entendimiento de los procesos de gran escala que tienen lugar en el sector oriente de México.

SIS-42 CARTEL

¿CUÁL ES LA CAUSA DE LA SISMICIDAD EN EL NORESTE DE MÉXICO? TEORÍAS, EVIDENCIAS Y RIESGOS

Flores-Salinas Andrea Araceli y Rodríguez-Martínez Juan Manuel
Universidad Autónoma de Nuevo León
aiflores.geo97@gmail.com

Los sismos ocurridos el septiembre del 2017, en la CDMX y alrededores, alertaron a la población, incluyendo a la del Noreste de México, que solía creer que estaba situada sobre una zona asísmica, que desastres como éstos no podrían ocurrirles, sin embargo, aquí sismos han estado ocurriendo desde hace más de 200 años; en 2006 comenzó a operar la estación sísmica LNIG en Linares, N.L., y dando comienzo a un monitoreo oficial de los terremotos en la zona, registrándose dos en el 2006, cuatro en el 2009, cinco en 2010, y dos en 2011, pero se dispara ésta cifra a partir de 2012, con 89, 69, 75, 31 y 27 (2.25 < M # 6.5) en los años posteriores. ¿A qué se debe este significativo aumento en la sismicidad de Nuevo León? Hay dos puntos de vista diferentes, uno de ellos explica que los terremotos en regiones de intraplaca son causa de conceptos de debilidad cortical, reactivación de fallas geológicas y concentración local de esfuerzos; esto quiere decir que son a raíz de causas naturales debido al movimiento de la Tierra, donde fallas que se creían inactivas parecen haberse "encendido" nuevamente, que incluso podrían generar terremotos de magnitudes mayores a 6. El segundo punto de vista se relaciona con la sismicidad inducida que se cree es ocasionada por un tema muy controversial hoy en día: el fracking, que trata de la perforación del subsuelo, una técnica que involucra inyectar altas cantidades de agua a grandes presiones con químicos y arenas para abrir las fisuras rocosas poco permeables que interconectan los yacimientos para así facilitar la extracción del hidrocarburo deseado. Este tema es irrelevante dada la gran cantidad de yacimientos no convencionales, como el gas shale, por ejemplo, en la Cuenca de Burgos ubicada al noreste del país, cuyos yacimientos son catalogados como los sextos más grandes del mundo. En este trabajo se exponen ambas teorías, basándose en los trabajos de investigación de los doctores Juan Carlos Montalvo

Arrieta y Juan Manuel Rodríguez Martínez, aquí se da la información para que el lector evalúe las evidencias que se han recolectado del 2006 hasta la fecha y así tome su propio criterio sobre qué es lo que está causando la sismicidad en el Noreste de México, aunque, como conclusión, además de comparar los datos recolectados en ambos trabajos para llegar a un acuerdo, se exhorta a ver más allá de eso, se invita a conocer las consecuencias de los terremotos ocurridos, ya que cualquiera que sea su causa, deterioran las viviendas de las personas, contaminan sus aguas, crean pánico sobre un tema del que pocos hablan y que va en aumento. El Noreste de México no está preparado para sismos de gran magnitud como los que podrían ocurrir, no tiene normativas para el control del uso del fracking, no tiene alarmas ni infraestructura adecuada, el Noreste de México podría estar en peligro, como muchas otras zonas del mundo, y la población debe estar informada.

SIS-43 CARTEL

CORRELACIONES SÍSMICAS EN UN ARREGLO LINEAL, ANALIZANDO COMPONENTES TRANSVERSALES

Heredia Martínez Mariana Guadalupe¹, Aguirre González Jorge², Granados Iván¹ y Ferrer Toledo Hugo Oswaldo²

¹Instituto de Ingeniería, UNAM.

²UPAEP

mherediamtz@gmail.com

El uso de registros de vibración ambiental ha sido objeto de estudio en el campo de exploración en las últimas décadas, debido a que no solamente se pueden recuperar las ondas superficiales, sino que mediante la Cross correlación de pares de estaciones sísmicas se ha demostrado que es posible recuperar ondas de cuerpo (Roux et al., 2005; Draganov et al., 2009; Glenn et al., 2018). En este trabajo se describe la secuencia para analizar la presencia de ondas de cuerpo y superficiales, en las componentes transversales de un arreglo lineal ubicado en ciudad universitaria de la BUAP Puebla. En el arreglo lineal, fueron empleados 16 sensores tipo triaxial marca Guralp modelo CMG- 6TD con un rango de frecuencias de 0.033 a 50 Hz, el tiempo de grabación fue de 6 horas. El procesamiento de señales consiste en rotar las componentes horizontales, después realizamos las Cross correlaciones de las componentes transversales y obtenemos la función de Green para cada par de las 16 estaciones. Éstas son apiladas para crear una sección sísmica del subsuelo, que serán sometidas aun filtrado de frecuencias de 1 Hz a 40 Hz. Posteriormente se aplica una normalización 1-bit y whitening de acuerdo al comportamiento observado. Finalmente, los resultados obtenidos serán comparados con estudios cercanos a la zona, para verificar la similitud.

SIS-44 CARTEL

ESQUEMA DE PROCESAMIENTO DE REGISTROS DE RUIDO AMBIENTAL PARA OBTENER TOMOGRAFÍAS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ALTAS FRECUENCIAS

Olivares Palomares Ángel Bruno, Aguirre González Jorge, Ramírez Guzmán Leonardo, Rábade Santiago, Baena Rivera Marcela Elvira, Macías Castillo Marco Antonio, Aguilar Calderón Luis Alberto y Vázquez Larquet Ricardo

Instituto de Ingeniería, IINGEN

brn_286_bruno@hotmail.com

Con el objetivo de estimar la estructura tridimensional de velocidades del subsuelo de la Ciudad de México a profundidades intermedias (de 100 a 500 m), la Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería ha llevado a cabo la adquisición de registros de ruido sísmico ambiental en diferentes puntos de la misma. La adquisición consistió en más de 360 estaciones distribuidas al sur de la ciudad, entre las delegaciones Xochimilco, Tláhuac, Coyoacán, Iztapalapa e Iztacalco. En medida de lo posible se ha buscado tener una malla regular, pero las condiciones reales han generado que la distancia entre estaciones vecinas varíe entre 500 y 1000 metros. El registro se hizo en arreglos de 18 estaciones que grabaron simultáneamente hasta 72 horas utilizando sensores triaxiales de banda ancha. Para estimar la distribución de velocidades en el subsuelo se obtendrán tomografías de ondas superficiales para la componente vertical aplicando la técnica de la correlación cruzada de ruido sísmico ambiental o recuperación de la función de Green en el dominio del tiempo. Es necesario entonces, definir un esquema de procesamiento unificado que pueda ser aplicado a todo el conjunto de arreglos. La importancia de este esquema considera: a) el rango de frecuencias dónde se espera recuperar información, b) longitud de ventanas, c) normalización o no en frecuencias, d) normalización en tiempo. Esto debido a que las diferentes secuencias descritas en la literatura son enfocadas a distancias entre estaciones del orden de cientos de kilómetros. Se mostrarán algunos ejemplos, así como la pertinencia del esquema propuesto.

SIS-45 CARTEL

MODELO DE FALLA FINITA MEDIANTE LA FUNCIÓN EMPÍRICA DE GREEN, UTILIZANDO LOS DATOS DEL TERREMOTO DEL 08 DE SEPTIEMBRE DE 2017

Reyes Martín Lorena y Aguirre González Jorge
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México., iingen UNAM
l_ore_36@hotmail.com

El presente trabajo busca generar un modelo de ruptura de falla finita, con el fin de conocer el proceso de fuente del terremoto, que nos guía al análisis de peligros sísmicos. Utilizando el método de la función de Green empírica (Irikura, 1986), analizamos el terremoto ocurrido el 08 de septiembre de 2017 con Mw=8.2, localizado en el Golfo de Tehuantepec, a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas, (SSN). Este terremoto se utilizó como el sismo objetivo y para el sismo elemento se buscó una réplica con una distancia y un mecanismo focal similar al sismo principal, ocurrido el 10 de septiembre de 2017 (Mw=5.8, SSN). Los datos fueron recopilados de la red acelerográfica del II-UNAM, empleando solamente los datos de las estaciones más cercanas a los dos eventos. Los parámetros de los sismos (Mo, profundidad, tiempo y los ángulos del plano de falla) fueron obtenidos de la página del Global CMT. A partir de los parámetros anteriores, de forma teórica, se calcula la relación espectral entre el sismo objetivo y el sismo elemento. Los datos de los registros acelerográficos se procesaron para obtener el espectro de Fourier de cada componente. El promedio del nivel plano del espectro de aceleración fue obtenido por la sumatoria del vector de las dos componentes (N-S y E-W) y delimitando por la frecuencia de esquina (fc) y la frecuencia máxima (fmax). A pesar de que ambos eventos ocurrieron muy cerca, la caída de esfuerzos es distinta, para esto calculamos una relación entre el evento objetivo y el evento elemento. Bajo estas condiciones son propuestas diferentes áreas para el modelo de falla y posteriormente, se generan las simulaciones.

SIS-46 CARTEL

SEISMIC ACTIVITY AND COULOMB FAILURE STRESS CHANGES ASSOCIATED WITH THE PIRRÍS RESERVOIR IMPOUNDMENT, COSTA RICA

Ruiz Barajas Sandra¹, Santoyo García Galiano Miguel Angel², Benito Oterino María Belén¹, Alvarado Guillermo E.³ y Climent Álvaro³
¹E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, España
²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
³Instituto Costarricense de Electricidad, Costa Rica.
sandra.ruizb@upm.es

In this work we study the seismic activity related with the impoundment of the Pirrís Reservoir, an artificial water reservoir in Costa Rica. To do this, we analyze the spatial evolution of the Coulomb Failure Stress changes (#CFS) due to the surface water load, and the effects that different tectonic earthquakes has on the stress field near the reservoir area. We calculate the interaction of the coseismic stress changes produced by different tectonic earthquakes and the elastic Coulomb stress changes due to the water level in the Pirrís reservoir. Results reveal some evidences of the existence of triggered seismicity associated with the impoundment operation in the Pirrís reservoir. With independence of the depths where stresses are computed, it can be observed that for all the water load conditions of the reservoir, corresponding to different time periods, the dam site is always over a positive Coulomb stress area. At shallow depths, this area reproduces the shape of the reservoir showing a near field effect. Values above 0.1 bar are observed for the shallowest depths, values usually considered large enough to trigger earthquakes in the close environment. The interaction of the coseismic #CFS produced by different tectonic earthquakes and the elastic #CFS due to the water load yields different results. On one side, the effect of the coseismic #CFS becomes dominant at similar depths for a local M4.0 earthquake. On the other side, the effect of the #CFS due to water loads is dominant when the hypocenter of a local M4.4 earthquake is deeper. It can be also shown that the effect of the coseismic #CFS due to a regional M6.6 earthquake is completely dominant. We suggest to perform this kind of studies for any cases of reservoir impoundment, especially if they are located in an active seismic zone with a normal-fault environment. Measurements of crustal deformation and the installation of seismic stations before the early impoundment operations play a key role to understand the seismicity of the area around these human activities. Overall, the results of this study will provide important conclusions about the sensitivity of certain parameters to evaluate and model the effects of filling reservoirs on the seismic activity in the close area.

SIS-47 CARTEL

SISMICIDAD EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO, MÉXICO EN EL PERIODO JULIO A OCTUBRE DE 2016

Espíndola Juan Manuel¹, Correa-López Yoaly Amilania², Solís-Nava Ana Laura³, Zamora Camacho Araceli⁴ y Márquez Ramírez Víctor Hugo⁵

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Ingeniería Geofísica, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

³Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

⁵Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
jmec@unam.mx

El Bloque Jalisco (BJ) del occidente de México se destaca por la ocurrencia de cuatro campos volcánicos (Mascota, Los Volcanes, Ayutla, Tapalpa) que presentan conos de escoria altamente potásicos y flujos de lava. Estos cuatro campos volcánicos definen una tendencia lineal paralela al eje principal del Cinturón Volcánico Mexicano, pero están ubicados ~70 km más cerca de la zanja. El campo volcánico Mascota, está ubicado en el Bloque Jalisco del oeste de México, donde la Placa Rivera se subduce debajo de la Placa Norteamericana. Abarca un área de ~2000 km² y contiene ~87 conos pequeños y flujos de lava con edades entre 5000 a y más de 2 Ma, de composición tanto alcalina como calco-alcalina en una combinación poco usual que ha motivado numerosos estudios petrológicos y geoquímicos (Ownby et al., 2008). La mayor parte de la actividad volcánica en la región de Mascota entró en erupción a lo largo de fallas extensionales. Además de los estudios señalados arriba, no existen estudios geofísicos, que junto con los geoquímicos, permitan inferir la estructura interna y origen del CVM. Estos estudios constituirían una contribución al conocimiento de los campos volcánicos monogenéticos a los que actualmente la vulcanología presta especial atención. Adicionalmente, esto arrojaría información con respecto a los esfuerzos presentes en el área y su relación con el movimiento general del BJ. De particular importancia es también su relación con los peligros geológicos en el área, dado que a lo largo del rift de Tepic-Zacoalco, a cuyo comportamiento está asociado el valle de Mascota, se han presentado temblores intracorticales con resultados destructivos. Para contribuir al conocimiento de la sismicidad en este campo volcánico se instaló una red temporal de tres estaciones de banda ancha Guralp modelo CMG-6TD. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de los datos logrados desde la instalación de los instrumentos junto con los que se han registrado en el periodo de julio a octubre de 2016. Se muestra la localización de los hipocentros así como la distribución de las magnitudes y una posible interpretación tectónica de la sismicidad en el área.

SIS-48 CARTEL

ANÁLISIS DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO 3D DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE AL SUR DE LA SUBCUENCA DE CHALCO

Hernández Rubén, Aguirre González Jorge, Ramírez Guzmán Leonardo, Ayala Hernández Mauricio, Velasco Miranda Juan Manuel y Granados Iván
Instituto de Ingeniería, UNAM
ruben.hdz9106@gmail.com

Se aplica un método para el análisis de la componente radial de ruido sísmico ambiental con el fin de obtener un modelo 3D de velocidades de ondas de corte al sur de la subcuenca de Chalco. Se usaron registros de 18 sismómetros de banda ancha (0.03-50 Hz) Guralp 6TD ubicados en una red temporal con distancias que oscilan entre 0.34 y 3.5 kilómetros aproximadamente. El tiempo de grabación simultáneo de toda la red es de 69 horas efectivas. El procesamiento de datos es similar a la estructura propuesta por Benzen (Campillo & Paul, 2003; Benzen et al., 2007). Se realizó una corrección instrumental, se removió la media y la tendencia, se aplicó una rotación de las componentes horizontales a fin de obtener la componente radial. Posteriormente se calcularon correlaciones entre pares de estaciones para recuperar la Función de Green, con ventanas de 180 segundos previamente filtradas entre 0.05-4 Hz. Posteriormente, se aplicó el análisis FTAN para observar la dispersión de ondas superficiales de Rayleigh. Una vez obtenidas las curvas de dispersión se empleó la inversión conjunta de la curva de dispersión de velocidad de grupo con el cociente espectral H/V para mitigar el problema de la no unicidad. Los análisis de las componentes radiales han mostrado una mejor definición de la dispersión de velocidades de grupo en el rango de frecuencias de 0.1 a 3.5 Hz, en comparación con la generada por el análisis de la componente vertical (Hernández et al., 2017). Los resultados preliminares muestran tres estratos sobre un semiespacio, el cual se encuentra a una profundidad de 450 metros con una velocidad promedio de 1200 m/s.

SIS-49 CARTEL

THE COYUCA 2001 SHALLOW SEISMIC SERIES (MW=5.8) IN CENTRAL GUERRERO, MEXICO, REVISITED

Yazdi Pouy¹, Santoyo García Galiano Miguel Angel², Iglesias Mendoza Arturo³ y Gaspar Escribano Jorge Miguel¹

¹Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía, Madrid, Spain.

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, México

³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México
pouye.yazdi@upm.es

On October 8th, 2001, a normal faulting earthquake (Mw=5.8) occurred near the town of Coyuca, Mexico, approximately 70.0 km from the Mesoamerican trench in central Guerrero. The mainshock and the following seismic sequence occurred at a shallow depth of about 10.0 km, in the upper region of the slab interface in this zone, where the oceanic Cocos tectonic plate subducts beneath the continental North American plate at approximately 30 km depth. This zone with no large subduction thrust earthquakes since 1911 is nowadays vastly studied within the scope of the "Guerrero seismic gap" and its associated aseismic Slow Slip Events (SSE). GPS observations show a nearly 4-year periodic northward motion in central Guerrero. The first recognized cycle occurred in mid-1998 and the following cycle began by the end of 2001 reversing its motion with a more rapid velocity towards south in early 2002. In this study, we seek to better understand the relations and possible interaction between the shallow sequence of the Coyuca 2001 seismic sequence and the final phase of the associated SSE period. One of the difficulties to analyze this sequence is related to the inhomogeneous coverage of data in time scale. The local catalog starts after 22 days since the beginning of the sequence and is reliable during only 45 days. However, we performed a feasible recovering of aged data and enhanced the location of the catalog. Then, the primordial characteristics of this seismic sequence is studied through the Coulomb failure stress transfer criterion and its possible seismotectonic implications.

SIS-50 CARTEL

ESTUDIOS PRELIMINARES DE SISMICIDAD EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS Y COMPORTAMIENTO DE LAS VELOCIDADES Y ACELERACIONES MÁXIMAS DEL TERRENO

Villalobos Escobar Gina¹, Márquez Ramírez Víctor Hugo²,
Hernández Santander Isaías³ y Peña Alonso Tomás¹
¹Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)
²Centro de Geociencias (CGEO-UNAM)
gvillalobose@gmail.com

La región nororiental de México ha sido catalogada comúnmente como asísmica a pesar de contar con numerosos registros históricos que evidencian una actividad sísmica continua. La escasez de estaciones de monitoreo ha dificultado por mucho tiempo el estudio de la sismicidad real en esta porción del país. Los sismos intraplaca son poco frecuentes en comparación con los sismos presentes en los límites de placas y pueden llegar a ser devastadores y perjudicar los asentamientos humanos cercanos, no solo causados por los eventos en sí, sino por la carencia del rigor estructural adecuado (Ramos-Zúñiga et al., 2012). Actualmente, la sismicidad de esta porción del territorio mexicano está siendo estudiada por algunos autores (Montalvo Arrieta et al., 2006; Galván-Ramírez y Montalvo Arrieta, 2008; Ramos Zúñiga et al., 2012; etc.), concentrándose en los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y el sur de los Estados Unidos de América. Estos estudios han reportado sismos de hasta 6.5 (Doser y Rodríguez, 1993) y afectación en las poblaciones cercanas a los mismos. Este trabajo complementa los resultados de estos autores y se extiende al estado de Tamaulipas. Los registros sísmicos, magnitudes y localizaciones fueron descargados del portal del Servicio Sismológico Nacional (SSN, 2018) provenientes de las estaciones: MNIG (Monterrey, NL), LNIG (Linares, NL), GTIG (Gómez Farías, Tams) y RPIG (Río Verde, SLP) para un periodo comprendido principalmente entre 2014 y 2018. Se extrajeron velocidades y aceleraciones máximas del terreno, se proponen funciones paramétricas que predicen el comportamiento de estos parámetros con la magnitud, la distancia epicentral y la profundidad focal y se especifican los municipios del estado que pueden resultar más perjudicados por un sismo en la región.

SIS-51 CARTEL

SIMULACIÓN DEL TSUNAMI GENERADO POR EL SISMO MW 8.2 DEL 7 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO

Aguilar Diego Armando¹, Mortera Gutiérrez Carlos A.² y Bandy William³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

diego@geofisica.unam.mx

El sismo intraplaca Mw 8.2 del 7 de septiembre del 2017 en el Golfo de Tehuantepec, generó un pequeño tsunami con amplitudes de ola de hasta 3.4 m (diferencia entre el máximo y mínimo), según el reporte del Servicio Mareográfico Nacional. En esta

contribución, se realizó una simulación del origen y propagación de este tsunami en el contexto de alerta temprana. Como parámetros de entrada, se utilizaron los datos epicentrales del Servicio Sismológico Nacional (SSN), y la solución rápida del tensor de momento sísmico y del área de ruptura del Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norte América (USGS). Es observada una directividad del tsunami hacia el NW como lo reportan otros autores (e.g., Chen et al., 2018). Sin embargo, para explicar la deformación superficial, la historia de la tectónica del sur de México resulta de gran relevancia, y a su vez, contar con información batimétrica de mayor resolución, ayudaría a comprender mejor estos fenómenos y sus futuras consecuencias en casos similares.

SIS-52 CARTEL

DETECCIÓN DEL TREMOR NO VOLCÁNICO MEDIANTE EL ANÁLISIS ESPECTRAL DEL REGISTRO SÍSMICO

Real Pérez Jorge Arturo, Kostoglodov Vladimir, Husker Allen y Ávila Leticia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 real@geofisica.unam.mx

Desde el año 2008 se ha estudiado principalmente en la zona de subducción del Pacífico mexicano la ocurrencia de Tremores No Volcánicos (NVT), mediante el análisis de los registros de las diferentes estaciones sísmicas instaladas en la zona. Desde entonces a la fecha se han desarrollado diferentes técnicas para el análisis del NVT y su localización automática, encontrando también limitaciones en los métodos desarrollados. Una limitante en los métodos anteriores fueron las estaciones "ruidosas", reduciendo el número de estaciones con las se podía trabajar. El presente trabajo pretende eliminar esa limitante, mediante el análisis espectral de la señal para la determinación del evento NVT y comparar los resultados con los catálogos existentes para comprobar la eficiencia del método.

SIS-53 CARTEL

EL IMPACTO DEL TSUNAMI DE CHIAPAS DEL 9 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN LAS COSTAS MEXICANAS: PROPIEDADES ESPECTRALES Y PARAMETRIZACIÓN ENERGÉTICA

Zaitsev Oleg¹, Rabinovich Alexander B.², Fine Isaac³ y Thomson Richard³
¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas de Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR
²Department of Fisheries and Oceans, Institute of Ocean Sciences, Sydney, BC, Canada;
 Russian Academy of Sciences, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscú, Rusia
³Department of Fisheries and Oceans, Institute of Ocean Sciences, Sydney, BC, Canada
 ozaytsev@hotmail.com

El 8 de septiembre de 2017 se produjo un terremoto interplaca (Mw 8.2) en el Golfo de Tehuantepec (Chiapas, México). El terremoto generó un tsunami que afectó fuertemente a la costa de México y fue registrado por varios instrumentos ubicados cerca y lejos del epicentro. En la costa de México, el tsunami fue medido por 12 mareógrafos de alta resolución operados por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). El tsunami también se registró en tres estaciones de DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis) del mar abierto ubicadas frente a la costa mexicana. Tras la eliminación de las mareas, se analizaron las series temporales del nivel del mar para determinar la amplitud y el tiempo de llegada de la primera ola en cada sitio. Nuestro análisis de las alturas máximas de las olas del tsunami identificó tres "puntos calientes" costeros (sitios con el mayor riesgo de tsunami): Puerto Madero, Salina Cruz y Acapulco. Con base en los análisis espectrales del tsunami y del ruido de fondo en el período inmediatamente anterior a la llegada del tsunami, hemos derivado los patrones espectrales y las frecuencias básicas de las olas en todas las localidades costeras. La integral de la diferencia entre los espectros del tsunami y los espectros de fondo asociados con el oleaje del fondo se utilizó para parametrizar la contribución de la energía del tsunami en cada sitio de la observación costera. Las integrales espectrales, junto con las series de tiempo de las estaciones DART, nos permitieron determinar el aumento en la amplitud de la onda del tsunami causado por la topografía de la pendiente y la plataforma continental. Los cálculos espectrales proporcionaron estimaciones de las propiedades costeras de la zona cercana del tsunami de Chiapas 2017, que posteriormente se compararon con las propiedades de campo lejano de los tsunamis de Chile 2010 y Japón 2011.

SIS-54 CARTEL

FAR-FIELD TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT ALONG THE PACIFIC COAST OF MEXICO BY HISTORICAL RECORDS AND NUMERICAL SIMULATION

Ortiz Huerta Laura Gabriela¹, Ortiz Figueroa Modesto² y García Gastélum Alejandro³
¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, IIO - UABC
²Departamento de Oceanografía Física, CICESE
³Facultad de Ciencias Marinas, UABC
 laura_ortiz@uabc.edu.mx

Historical records of the Chile (22 May 1960), Alaska (27 March 1964), and Tohoku (11 March 2011) tsunamis recorded along the Pacific Coast of Mexico are used

to investigate the goodness of far-field tsunami modeling using a focal mechanism consisting in a uniform slip distribution on large thrust faults around the Pacific Ocean. The Tohoku 2011 tsunami records recorded by Deep ocean Assessment and Reporting of Tsunami (DART) stations, and at coastal tide stations, were used to validate transoceanic tsunami models applicable to the harbors of Ensenada, Manzanillo, and Acapulco on the coast of Mexico. The amplitude resulting from synthetic tsunamis originated by Mw ~ 9.3 earthquakes around the Pacific varies from ~ 1 to ~ 2.5 m, depending on the tsunami origin region and on the directivity due to relief orientation and waveform modification by prominent features of sea bottom relief.

SIS-55 CARTEL

CARACTERÍSTICAS DEPOSITACIONALES Y SEDIMENTOLÓGICAS DE LAS TSUNAMITAS, RASGOS PARA DIFERENCIAR UN DEPÓSITO DE TSUNAMITA DE OTROS DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS

Ledesma Herrera Karina
 Instituto Politécnico Nacional, IPN
 celtakarina@hotmail.com

Los depósitos de tsunamis muestran una amplia gama de estructuras sedimentarias y tipos de estratificación, las cuales están relacionadas a propiedades físicas del flujo, tales como velocidad, densidad, viscosidad y tamaño de grano. Esta distribución y la combinación de estas propiedades sedimentarias nos indica los criterios para distinguir depósitos de tsunamis de otros depósitos tales como tempestitas o tormentitas. La estratificación, estructuras sedimentarias y espesores de los depósitos de tsunamis varían ampliamente de acuerdo a las condiciones hidrodinámicas en los ambientes depositacionales (Kon'no, 1961, Sato et al., 1995). Las condiciones hidrodinámicas de las corrientes de tsunamis, tales como dirección, velocidad, densidad, y tamaño de grano dominante cambian continuamente con relación a las condiciones geomorfológicas y geológicas en cada ambiente depositacional. Los cambios de flujo son registrados en la sucesión vertical de estructuras y capas sedimentarias de los depósitos de tsunamis en cada sitio depositacional. El mayor propósito de la Sedimentología de Tsunamis es la identificación de Tsunamis históricos, distinguir los orígenes, (por impacto) como el del límite Cretácico/Terciario (K/T), reportado por Bourgeois et al. (1988); (por sismos) en el Holoceno, incluyendo tsunamis prehistóricas e históricas (Scheffers y Keller, 2003); (por erupciones volcánicas) en zonas de subducción (Nishimura et al., 1999); (por deslizamientos submarinos) que a su vez pueden ser disparados por impacto de meteoritos, sismos y erupciones volcánicas un perfecto ejemplo es "el tsunami de Alaska de 1958" fue generado por un sismo, que a la par generó un deslizamiento de ladera y este alcanzó un oleaje de más de 500m de alto (Miller, 1960). Determinar su recurrencia con referencia al registro estratigráfico para nuestra prevención y conocimiento.

SIS-56 CARTEL

TSUNAMI RISK PUBLIC AWARENESS AND COMMUNITY PREPAREDNESS: EXAMPLES FROM CHILE AND MEXICO

Lagos Marcelo¹ y Ramírez-Herrera María Teresa²
¹Pontificia Universidad Católica de Chile, UC
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mlagoslo@uc.cl

Las costas pacíficas de Chile y México se localizan frente a zonas de subducción donde se producen grandes terremotos generadores de tsunamis. Recientes terremotos superiores a Mw 8 han ocurrido en ambos países, generando tsunamis que confirman el permanente riesgo para sus comunidades costeras. Sin embargo, ante emergencias, la respuesta de las poblaciones expuestas al riesgo de tsunami es diferenciada, condicionando sus conductas de evacuación y autocuidado. En este trabajo, comparamos recientes experiencias de comunidades costeras chilenas y mexicanas que han experimentado terremotos y tsunamis, caracterizando los elementos que explican la respuesta ante el riesgo de tsunami y la preparación de la población. Se destaca la importancia de la recurrencia de tsunamis como generador de memorias que se transmiten generacionalmente, produciendo y actualizando cotidianamente discursos, prácticas y consciencia pública.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizador:
Lucia Capra

VUL-1

GEOLOGÍA DE LA PORCIÓN ORIENTAL DEL GRABEN DE ACAMBAY, EN LOS ESTADOS DE MÉXICO Y MICHOACÁN

Roldán-Quintana Jaime
Instituto de Geología UNAM, IGL
jaimer@unam.mx

GEOLOGÍA DE LA PORCIÓN ORIENTAL DEL GRABEN DE ACAMBAY, EN LOS ESTADOS DE MÉXICO Y MICHOACÁN. Jaime Roldán Quintana¹, Raymundo G. Martínez Serrano², Gloria P. García Tovar³, Antonio Galarza López³ 1. Instituto de Geología, UNAM; 2 Instituto de Geofísica, UNAM; 3. Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. jsfoldanq@gmail.com; rms@geofisica.unam.mx; tovar302@yahoo.com.mx; tonogalo9301@gmail.com El graben de Acambay se localiza en la porción norte de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), es una estructura extensiva limitada por las fallas Acambay-Tixmadejé al norte y la de Pastores al sur, ambas con rumbo E-W (Suter et al., 1995). El área que se describe se encuentra en la porción oeste del graben, inicia en la presa de Huapango, Estado de México hasta la longitud de Contepec, Michoacán. La extensión total del graben es motivo de controversia, ya que algunos autores lo continúan hasta la laguna de Chapala, lo que daría una longitud mayor a 100 km. En este trabajo únicamente se describe la geología de una porción del graben. En Acambay el ancho del graben es de 15 km, aumentando hacia el oeste a aproximadamente 20 km en la longitud de Contepec, Michoacán, y continúa ensanchándose hacia el oeste. Dentro de esta porción del graben se encuentra una serie de fallas normales secundarias también con orientación E-W o ligeramente N70-80°W. También existe una caldera que fue construida sobre un estratovolcán de composición dacítica con una edad de 3.7 Ma. (Paul Layer comunicación escrita). Sobre el estratovolcán se formó la Caldera de San Pedro (Roldán-Quintana et al., 2012), que es de composición riolítica, para la que se obtuvo una edad en una toba en la cima de los depósitos lacustres, con restos de vertebrados, de 1.20 ± 0.13 (Mercer 2004). Del estratovolcán se deslizaron depósitos de avalancha de escombros con un volumen de ~3 km³, hacia la región de Temascalcingo (Roldán-Quintana, 2006). En los bordes de la caldera, se formaron dos volcanes secundarios, uno de basalto y otro de dacita, este último fue sumamente explosivo de acuerdo con sus productos. Hacia el oeste de Temascalcingo, dentro del graben, se ha identificado una serie de domos de dacita, cubiertos por depósitos piroclásticos y algunas lavas basálticas. En las cercanías de Contepec se localiza el volcán monogenético El Altamirano, que es también de composición dacítica y constituye la estructura volcánica de mayores dimensiones en la región. Su altura es mayor a 3000 m. Los elementos mayores de las rocas dacíticas y riolíticas muestran una afinidad calcalcalina. Las concentraciones de los elementos de Tierras Raras de las dacitas analizadas muestran patrones de enriquecimiento de las Tierras Raras ligeras con respecto a las pesadas, lo que es característico de magmas asociados con procesos de subducción.

VUL-2

ANÁLISIS Y CORRELACIÓN DE LAS IGIMBRITAS EN LA REGIÓN DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹, Pérez Venzor José Antonio¹, Aranda Gómez José Jorge², Schwenicke Tobias¹ y Cortés Martínez Mara Yadira³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur: Departamento Académico de Ciencias de la Tierra

²Centro de Geociencias, UNAM
jg.camarena@uabcs.mx

En la región meridional de la provincia Faja Volcánica de La Giganta aflora una secuencia de rocas piroclásticas que alternan con depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, dicha secuencia forma parte del Grupo Comondú. El rango de edad establecido para las ignimbritas de la región está entre los 24 y 17 Ma. En los alrededores de La Paz, San Juan de La Costa y en las Islas Espíritu Santo y La Partida afloran dos ignimbritas (separadas por depósitos epiclásticos), que estratigráficamente son las ignimbritas más jóvenes del Grupo Comondú en dichas regiones. Estudios previos de esta secuencia volcánica emplearon distintos nombres informales para estas ignimbritas, lo cual genera cierto grado de incertidumbre respecto a la equivalencia litológica y estratigráfica entre ellas. Para esclarecer lo anterior fue necesario emplear los métodos relacionados con los conceptos de corrientes piroclásticas de densidad, unidades de enfriamiento simple y compuesto, así como el análisis de facies y litofacies en terrenos volcánicos antiguos y establecer edades de circones por el método de U-Pb. Dichos fechamientos arrojaron edades para cinco muestras de ignimbritas de las tres regiones oscilan entre 21.5 y 19.4 Ma. Con base en lo anterior se puede concluir que las ignimbritas de La Paz y San Juan de La Costa representan facies distales de un flujo ignimbrito, mientras que las ignimbritas de la Isla Espíritu Santo y La Partida se encuentran cerca de la fuente volcánica (facies proximales). Además, utilizando los criterios de facies y litofacies es posible correlacionar las ignimbritas San Juan, La Calavera y El Gallo, mientras que las ignimbritas Caimancito, La Ballena y la ignimbrita superior de San Juan de La Costa no son correlacionables entre ellas ni con ninguna de las anteriores.

VUL-3

POZO TEXCOCO Y SIERRA DE GUADALUPE: VULCANISMO DEL MIOCENO EN LA CUENCA DE MÉXICO

Arce José Luis¹, Arroyo López Sarah María², Morales Casique Eric¹, Layer Paul W.³ y Vasquez Serrano Alberto²

¹Instituto de Geología, UNAM, IGL-UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³College of Natural Science and Mathematics and Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK
jlance@geologia.unam.mx

El pozo profundo Texcoco fue perforado en la Cuenca de México en 1967, con un alcance de 2068 m de profundidad. La parte superior (de 0 a 485 m) consiste de una intercalación de sedimentos lacustres con rocas volcánicas, seguido por una secuencia potente (de 485 hasta 1970 m de profundidad) de material netamente volcánico. La parte más profunda (de 1970 a 2068 m) consiste de una serie de rocas sedimentarias (anhídrita y conglomerado de rocas calcáreas). El registro geológico que guardan los 2068 metros perforados en este pozo atestiguan la intensa actividad volcánica que ha tenido lugar en esta área, probablemente desde el Eoceno hasta el presente. Fechamientos rediométricos de 40Ar/39Ar en muestras de lava ubicadas a 939 y 1526 m de profundidad, arrojan edades de 19.2 y 20.5 Ma (Mioceno tardío) respectivamente. En superficie también se han identificado rocas del Mioceno, como la Sierra de Guadalupe la cual puede ser catalogada como un volcán poligenético, fuertemente afectado por eventos tectónicos, con edades 40Ar/39Ar y U-Pb en circones de ~13 a ~20.2 Ma. El intervalo de edades de esta sierra permite correlacionarla con las unidades volcánicas del pozo Texcoco ubicadas entre 750 y 1526 m de profundidad. La composición química de estas rocas del Mioceno, tanto en el pozo como en la Sierra de Guadalupe varían de andesitas a dacitas (59-69 % en peso en SiO₂), con afinidad calcalcalina y anomalías negativas pronunciadas en Nb, Ta, Ti y P y positivas en K y Pb. Estas características químicas son similares a las rocas de la Formación Tepoztlán (13-22.8 Ma) y rocas perforadas en el pozo profundo San Lorenzo Tezonco (Cuenca de México; 9-20.1 Ma). Toda esta información sugiere que el vulcanismo del Mioceno tuvo lugar en una franja amplia en el centro de México, desde Tepoztlán, Morelos, hasta la Sierra de Guadalupe en la Cuenca de México. Las edades reportadas en este trabajo también soportan la idea de que el vulcanismo en el CVTM inició en el Mioceno temprano asociado a la subducción de las placas de Cocos y Rivera por debajo de la placa de Norteamérica.

VUL-4

THE ILOPANGO PULL-APART CALDERA, EL SALVADOR: A MULTIPLE-COLLAPSE VOLCANO-TECTONIC STRUCTURE

Aguirre Díaz Gerardo de Jesús¹, Suñe-Puchol Iván¹, Pedrazzi Dario², Dávila Harris Pablo³, Costa Antonio⁴, Miggins Daniel P.⁵, Hernández Walter⁶, Gutiérrez Eduardo⁷, Noyola Medrano Cristina⁷, Calderón Cucunubá Laura Paola⁷, Hernández-Hernández Isabel⁷ y Lacan Pierre¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Institute of Earth Sciences Jaume Almera, CSIC Barcelona

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT), San Luis Potosí

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sezione di Bologna

⁵Oregon State University, College of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences

⁶Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARIN, San Salvador

⁷Facultad de Ingeniería, Geomática, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
ger@geociencias.unam.mx

Ilopango caldera is located at El Salvador, within the Central American Volcanic Arc. It is a rectangular depression, 13 by 17 km, now filled by the Ilopango Lake. Caldera's magmatism is related to subduction between the Cocos and Caribbean plates. The development of the caldera was closely associated with regional and local fault systems that formed the El Salvador Fault Zone and the Central Graben of El Salvador. Ilopango caldera started as a pure-extensional graben caldera that evolved to a strike-slip, pull-apart caldera that has had several volcanic episodes; thus, it is a volcano-tectonic, multi-episodic, trans-tensional structure. The caldera is considered still active, as well as the related faults, such as the El Drenaje fault (or San Vicente fault), with a strike-slip earthquake of Mw =6.6 in 2001. Then, there is a double hazard in the region with volcanic and seismic activity for the most densely populated part of the country that includes the metropolitan area of the capital city San Salvador, as well as nearby towns. We have carried out systematic stratigraphic and geomorphologic work concurrent with new 40Ar-39Ar ages, U-Pb and U-Th ages on zircon separates, and AMS14C ages in the most recent deposits. All the information has been integrated within a Geographic Information System database, from which morphological regional and local aspects of the study area are enhanced. The results show a long-lived magmatic system that has been active since about 1.8 Ma to Present. The most recent volcanism in historic times includes the emplacement of a lava dome within the Ilopango Lake in 1879-1880, the Islas Quemadas dome. From our work, we have identified several ignimbrites that make three members, Lower, Middle and Upper, separated by paleosols or erosional surfaces indicating repose times between eruptions. This means that Ilopango caldera has erupted episodically since its initial catastrophic eruption, at about 1.8 Ma, until its last large eruption, at about 1500 BP (Dull et al., 2010), which formed the deposit known as Tierra Blanca Joven (TBJ), an eruption that devastated the ancient populations in this part of Mesoamerica. This last topic has been investigated by our team, combining the archeological view and the physical volcanology view. Our goal is to obtain the

most precise ages of each eruption in order to establish the recurrence intervals for the big eruptions in order to learn about the possible scenario(s) for a future supereruption that could affect Central America and Mexico. This study was financed by CONACYT-CB grant 240447 and logistically supported by MARN-El Salvador.

VUL-5

FLUJO PIROCLÁSTICO LA JOYA: EJEMPLO DE MEZCLA DE MAGMAS COMO CATALIZADOR DE ERUPCIONES EXPLOSIVAS EN EL VOLCÁN TLÁLOC, SIERRA NEVADA, MÉXICO

Boijseauneau López Mario Emmanuel¹ y Sosa-Ceballos Giovanni²¹Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, ENES UNAM²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán
cswasa@gmail.com

El flujo piroclástico La Joya representa un evento de magmatismo Cuaternario, félsico y explosivo en el Volcán Tláloc, Sierra Nevada, México. La actividad explosiva del Tláloc está asociada a pulsos de magmatismo riolítico que ocurrieron hace aproximadamente 0.13 Ma. No obstante, se han reportado un conjunto de erupciones recientes que datan de hace ~21,000 años. Las edades de radiocarbono obtenidas en este trabajo (>38,000 años) sugieren que probablemente estos eventos explosivos félsicos no han dejado de ocurrir desde hace 0.13 Ma en esta porción de la Sierra Nevada. Además, ocurren contemporáneamente con el vulcanismo más máfico de la porción sur de la región, en el Popocatepetl. El flujo piroclástico de bloques y cenizas La Joya está constituido por dos unidades que se identifican por su coloración, gris en la base y rosa en la cima. Estas unidades están constituidas principalmente por fragmentos ~49.43 wt% de pómez, 39.08 wt% de líticos y el 11.49% de cristales. Las pómez embebidas en el depósito se aprecian bandeadas y con cambios composicionales que varían de la base a la cima entre riolítica y dacítica (65 wt% y 69.25 wt% de SiO₂). Las bandas observables presentan variaciones en la forma y densidad de las vesículas. Las vesículas cambian entre bandas fibrosas o redondeadas en los fragmentos de pómez de todo el depósito, la proporción de pómez con bandeamiento en la cima del depósito se incrementa. La paragénesis presente es de plagioclasa, feldespato, cuarzo, piroxeno y anfíbol. Los minerales observables presentan texturas de desequilibrio, como bordes redondeados, textura tamiz y glomeropórfidos de plagioclasa y óxidos de Fe-Ti mezclados con relictos de minerales máficos. También se observan xenolitos de granito y xenocristales de plagioclasa. Las evidencias texturales y geoquímicas observadas sugieren que la mezcla de magmas pudiera catalizar este clase de eventos eruptivos en la Sierra Nevada, sin embargo, es posible observar otros procesos magmáticos involucrados, como la cristalización fraccionada, asimilación cortical o recalentamientos en los reservorios magmáticos por debajo de la porción norte de la Sierra Nevada.

VUL-6

LA TOBA XOXOCTIC, PLEISTOCENO SUPERIOR DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS, PUEBLA: ERUPCIÓN SUB-PLINIANA CON MEZCLA MAGMÁTICA

Téllez Vizcaino Roberto H.¹, Dávila Harris Pablo²,
Rebecchi Marco³, Ellis Ben S.³ y Carrasco Núñez Gerardo⁴¹Posgrado en Geociencias Aplicadas, IPICYT²División de Geociencias Aplicadas, IPICYT³ETH, Zurich⁴Centro de Geociencias, UNAM
roberto.tellez@ipicyt.edu.mx

Un paso fundamental en el entendimiento de la evolución de las calderas es, entre otros, la definición estratigráfica y de historia eruptiva del sistema. En este sentido, el proyecto P-05 del CeMIEGeo incluye el caracterizar a detalle y desde el punto de vista vulcanológico, geocronológico y petrológico las principales erupciones en base al estudio de sus productos. El Complejo Volcánico de Los Humeros se ubica en el sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano y tiene un diámetro mayor de 21 x 15 km. Su evolución incluye una etapa pre-caldera, 2 etapas caldericas y una etapa post-calderica. Esta última con una fase resurgente, erupciones de borde y una fase bimodal del Pleistoceno superior al Holoceno. A esta última pertenece la Toba Xoxoctic, la cual subyace a la Toba Llano (ca. 28 ka), por lo que se estima una edad relativa en el rango de 28 a 60 ka. La Toba Xoxoctic (descrita originalmente por Ferriz y Mahood, 1984), es un depósito de caída que incluye una delgada ignimbrita intra-Pliniana, varía en composición de riolítica, dacítica y andesítica. Tiene un espesor de entre 9 a 11 m en su localidad tipo. Se ha sub-dividido en 4 unidades. De la base a la cima, comprende la unidad A, distintiva por la estratificación paralela de lapilli fino de pómez. Le sobreyace la unidad B, una pequeña capa de lapilli de pómez con gradación inversa. Esta última tiene un contacto abrupto con la capa C, una toba masiva rica en lapilli acrecional (posible etapa freatomagmática). A la cima, la potente capa D, en su mayoría compuesta por lapilli grueso de pómez, con presencia de vidrio y pómez bandeada. El análisis granulométrico muestra para las capas inferiores una distribución normal rica en finos. Para la capa superior (D) una distribución exponencial, típica de erupciones Plinianas en facies proximales. Los principales componentes de la Toba Xoxoctic son, en orden de abundancia: pómez (oscura, clara y bandeada), escoria, vidrio, líticos y cristales. Destaca la presencia de 2 tipos de pómez en la capa A, la ausencia de líticos en casi toda la capa D, la

aparición de pómez bandeada y vidrio en la capa D y el claro aumento de cristales hacia la cima de D. La composición química de pómez en roca total a través de la secuencia estratigráfica varía de 55% a 65% de SiO₂. Además de un amplio rango de composición mineral de feldespatos (por contenido de Anortita) indicando probablemente una efectiva mezcla de magmas. Las isopacas e isopletras de la unidad A muestran una distribución compleja. La capa B se distribuye hacia el sur y oeste, mientras que la capa C hacia el oeste y dominada por la paleotopografía. La capa D tiene una clara distribución S-SE. La Toba Xoxoctic representa uno de los últimos episodios explosivos félsicos en la historia eruptiva de Los Humeros, y con su estudio, se logra un paso más en el conocimiento de la evolución del sistema magmático de este gran volcán.

VUL-7

ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE SEGREGACIÓN DE PARTÍCULAS EN FLUJOS DE ESCOMBROS MEDIANTE EXPERIMENTOS A ESCALA

Hernández Márquez Sandra Estefanía¹, Cerca Ruiz María Fernanda², Sarocchi Damiano³,
Rodríguez Sedano Luis Ángel³, Caballero García Lizeth³ y Tranquillino Espinoza Carla Gisela³¹Universidad autónoma de San Luis Potosí, UASLP²UASLP³UNAM

sandy_estefan@hotmail.com

Los flujos de escombros (o lahares en áreas volcánicas) son uno de los fenómenos geológicos más mortíferos que se conocen y a lo largo del tiempo han originado catástrofes y destrucción en diferentes partes del mundo. Para comprender la magnitud del fenómeno, solo en el Estado de Colima, desde 1906 se han contado 650 decesos. Además la ocurrencia de estos eventos se incrementa de año en año debido al cambio climático que favorece situaciones hidrometeorológicas extremas. Estudiar estos fenómenos con el mayor detalle posible es importante para elaborar modelos cada vez más precisos y programas de simulación eficaces para poder predecir su comportamiento. Mucho del conocimiento que tenemos acerca de los flujos de escombros y lahares viene del estudio de sus depósitos. El estudio cuantitativo de los parámetros texturales de un depósito proporciona información útil para inferir acerca de las condiciones reológicas del flujo al momento de su deposición. Por ejemplo, se ha observado una relación evidente entre la reología de un flujo de escombros y el contenido de partículas finas (limo y arcilla) de su matriz. Esto se refleja en la cinemática y alcance pero también en los fenómenos de segregación, orientación de las partículas en su interior, su capacidad erosiva y en la morfología de sus depósitos. Sin embargo, aún existe una falta de información para relacionar lo que se observa en los depósitos y lo que sucedió durante el evento que lo produjo. Para atacar este problema, se han realizado una serie de experimentos a escala, con parámetros cinemáticos conocidos y grabaciones de vídeo en alta velocidad de mezclas granulares que simulan el comportamiento de flujos de escombros con diferente contenido de arcilla. Estos experimentos fueron realizados en la canaleta experimental del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Los micro-depositos producidos en cada experimento han sido consolidados usando resinas y cementos para reforzar su estructura y evitar perturbaciones secundarias de los clastos. Después fueron cortados en bloques los cuales han sido estudiados con técnicas de análisis textural cuantitativo. Este estudio se ha enfocado en analizar la gradación de los clastos ya sea vertical u horizontalmente a lo largo de los depósitos. Los datos obtenidos han sido relacionados con el contenido en arcilla de las mezclas y la cinemática del flujo. Donde se ha observado que el contenido de arcilla influye significativamente sobre los procesos de segregación y alcance en un flujo de escombros. Los resultados que se obtendrán a través de este trabajo ayudarán a la mejor comprensión de éste tipo de fenómenos naturales, así como el rol que tiene el contenido de arcilla en los parámetros texturales en sus depósitos.

VUL-8

ESTUDIO DEL EFECTO DEL CONTENIDO DE ARCILLA EN LA ORIENTACIÓN PREFERENCIAL DE LOS CLASTOS EN UN FLUJO DE ESCOMBROS A ESCALA REDUCIDA

Cerca Ruiz María Fernanda¹, Hernández Márquez Sandra Estefanía¹,
Sarocchi Damiano³, Rodríguez Sedano Luis Ángel³ y Caballero García Lizeth³¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP²UASLP³UNAM

marifer_ctr@hotmail.com

Los flujos de escombros son uno de los principales peligros geológicos tanto en México como en el mundo, causando daños a la infraestructura, pérdidas humanas y económicas. Por esta razón el estudio cuantitativo de los parámetros texturales (granulometría, forma y fábrica) de sus depósitos es una herramienta imprescindible para su comprensión. La reología de un flujo de escombros depende del contenido de arcilla y limo presente, ya que éste ejerce un control notable en la cinemática del flujo, lo cual se refleja en procesos internos como la sedimentación, interacción entre partículas y su orientación. Para estudiar de manera sistemática y en condiciones controladas a los flujos de escombros se realizaron una serie de experimentos en una canaleta experimental a gran escala, ubicada en el Instituto de Geología de

la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Estos experimentos consistieron en el lanzamiento de una mezcla de sedimentos naturales y agua en proporciones conocidas, variando únicamente el contenido de arcilla con el objetivo de establecer la relación entre el contenido de arcilla y el grado de iso-orientación de las partículas en el flujo. Los micro-depósitos resultantes fueron consolidados mediante resinas y cortados en bloques con el objetivo de realizar una análisis tridimensional de la fábrica. Los resultados preliminares de estos experimentos proporcionan información importante para comprender la relación existente entre la fábrica y la reología del flujo. La relación entre ambos parámetros permitirá una interpretación más precisa de los depósitos producidos por eventos pasados y así establecer el alcance de eventos futuros.

VUL-9

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR LAHARES PROVENIENTES DEL VOLCÁN TACANÁ: UNA PROPUESTA INTEGRAL

Cruz Vázquez Omar¹, Alatorre Ibarquengoitia Miguel Ángel¹, Capra Lucia², Ramos Hernández Silvia Guadalupe³ y Velasco Silvano Daniel⁴

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH

²Centro de Geociencias, UNAM.
omarcruva@gmail.com

El Complejo Volcánico Tacaná (CVT), es un volcán activo ubicado en el límite entre Chiapas-México y Guatemala, cuya actividad eruptiva ha propiciado la generación de grandes lahares en el pasado, como la erupción de hace 1,950 años A.P. la cual inundó el centro ceremonial Izapa, así como la constitución de terrazas donde se encuentra asentada la ciudad de Tapachula a 35 km del CVT. Su peligrosidad radica en que existe una diferencia importante en el gradiente altitudinal del volcán y las zonas bajas (de los 4,080–0 msnm), además que se encuentra en una de las regiones con mayor precipitación anual de México (superando los 4,000 mm) y una recurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que favorecen el aporte de material a las tres subcuencas del CVT (Coatán, Cahocacán y Suchiate), donde existen por lo menos 572 localidades con más de 500,000 habitantes en total que podrían ser afectadas por lahares. Ante este panorama, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el riesgo asociado a esta amenaza en diversos escenarios eruptivos y climáticos. Para lograr esta evaluación, se realizó un análisis eruptivo, climático y espacial a nivel subcuenca que llevó a la generación de 89 simulaciones empleando el modelo numérico TITAN2D (Two Phases Pitman-Le), dos diferentes Modelos Digitales de Elevación (de 12.5 y 30 m de resolución), nueve volúmenes de lahar (3X105m3, 6X105m3, 1X106m3, 3X106m3, 5X106m3, 7X106m3, 1.0X107m3, 2.0X107m3, 4.0X107m3) considerando flujos de escombros e hiperconcentrados, a partir de ocho puntos de inicio de lahar distribuidos en las tres subcuencas. La información obtenida fue correlacionada espacialmente con una aproximación de la vulnerabilidad física que presenta la infraestructura (viviendas, puentes, carreteras) de las diferentes localidades expuestas, permitiendo obtener una mayor integración del fenómeno y sus posibles impactos, los cuales se presentan en mapas de riesgo por lahares asociado a cada subcuenca.

VUL-10

EMISIÓN TOTAL DE CO2 Y PROCESOS QUE ORIGINAN EL CARBONO EN EL MAAR RINCÓN DE PARANGUEO (MÉXICO)

Jácome Paz Mariana Patricia¹, Inguaggiato Claudio², Levresse Gilles³, Robidoux Philippe⁴, Delgado Granados Hugo⁵ y Tassi Franco⁶

¹Depto. de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria

²Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Carretera Ensenada-Tijuana 3918, Ensenada, Baja California, México

³Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, México.

⁴Escuela de Geología, Universidad Mayor, Sede Manuel Montt, Providencia, Manuel Montt no. 367, Santiago, Chile

⁵Depto. de Vulcanología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria

⁶Scienze della Terra, Università di Firenze, Italia
mapajapaz@hotmail.com

Los maares son el segundo tipo de volcán más común en ambientes subaéreos cercanos a zonas densamente pobladas. Contrario a muchos sistemas de maares conocidos en todo el mundo, considerados como productores de carbono, los de México no han sido caracterizados ni monitoreados. En este trabajo se cuantifican las emisiones gaseosas del Maar de Rincón de Parangueo en Valle de Santiago, Guanajuato. El trabajo de campo se llevó a cabo en 2016 en condiciones atmosféricas estables. Se tomaron muestras de gases del suelo para su análisis en el laboratorio y se midieron los flujos de desgasificación difusa de CO₂ y CH₄ en la superficie del suelo y el agua. El flujo total de CO₂ calculado por simulación gaussiana es de 10.6 ton d⁻¹ (# 2.1 ton d⁻¹) en toda el área del cráter con valores entre 0.1 - 347.1 g m⁻² d⁻¹. El rango del flujo CH₄ es de 2.1 a 1577 g m⁻² d⁻¹. La relación media de los flujos CH₄ / CO₂ es de ~ 20.51 mientras que la relación de concentración de CH₄ / CO₂ varía entre 78 y 119 para los gases burbujeantes y 8.4 para el gas intersticial. La composición isotópica #13C (CH₄) indica un origen biogénico mientras que #13C (CO₂) pueden sugerir una mezcla mantélica – superficial. La actividad biogénica como fuente de carbono y la posible salida de

fluidos magmáticos como proceso normal en el sistema volcánico, contribuyen a la liberación y acumulación de compuestos de carbono en la superficie. El proceso geológico puede representar un riesgo para los visitantes del maar y para las áreas pobladas aledañas, por lo que se concluye que, todos los maares en general, deben ser estudiados y monitoreados.

VUL-11

EL ALINEAMIENTO DE 13 CONOS DE ESCORIA A LO LARGO DEL SEGMENTO DE FALLA QUERÉNDARO-INDAPARAPEO AL ESTE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Avellán Denis Ramón², Cisneros Guillermo¹, Macías Vázquez José Luis³, Mendiola López Irma Fabiola¹, Sosa-Ceballos Giovanni¹, Layer Paul W.⁴, Benowitz Jeff⁵ y Perton Mathieu⁶

¹Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM campus Morelia, IGUM UNAM

²Cátedras CONACyT, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM campus Morelia

³College of Natural Science and Mathematics and Geophysical Institute, University of Alaska

⁴Cátedras CONACyT, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM campus Morelia
gaBygomez@yahoo.com

Los alineamientos de volcanes son comunes en el Campo Volcánico Michoacán Guanajuato y en otros campos volcánicos monogenéticos en el mundo. Muchas veces la distribución de estos volcanes está relacionada con la presencia de una falla pre-existente en la corteza o con la formación de una nueva fractura a lo largo de la cual se emplaza el vulcanismo, perpendicular al esfuerzo principal mínimo (#3). Sin embargo, aún no se entiende por completo el mecanismo eruptivo de estos magmas, su procedencia, su ascenso a la superficie, la relación tectónica con su estilo eruptivo, volumen magmático y tiempo de emplazamiento, entre otras preguntas sin resolver. En este trabajo intentamos contestar algunas de estas preguntas mediante el estudio del alineamiento de 13 conos de escoria a lo largo de la falla ENE-WSW Queréndaro-Indaparapeco, un segmento activo del sistema de fallas Morelia-Acambay. Nuestro estudio consiste en la elaboración de un mapa geológico y estratigrafía volcánica apoyada por fechamientos 40Ar/39Ar, granulometría, análisis de componentes, petrografía, geoquímica y magnetometría; así como un análisis geométrico y caracterización geológica de las fallas y fracturas. Nuestros resultados sugieren que estos conos de escoria provienen de una misma fuente de magma, no obstante se emplazaron a lo largo de una falla pre-existente por medio de diques magmáticos independientes en un periodo de ~100 ka (360 ± 70 ka - 250 ± 120 ka), lo que los califica como un cluster volcánico. Además, existe un control estructural en el estilo eruptivo y volumen de magma emitido, lo que sugiere una estrecha relación espacio-temporal entre el magmatismo y el tectonismo en esta región del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato.

VUL-12

ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS DEL CONTENIDO DE FRECUENCIAS ESPACIALES DE LAS CURVAS DE NIVEL DE CONOS MONOGENÉTICOS DE ESCORIA, PARA LA ESTIMACIÓN DE SUS EDADES RELATIVAS Y DE SUS POSIBLES MECANISMOS DE GÉNESIS

De la Cruz-Reyna Servando¹ y Zarazúa-Carbajal María Cristina²

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
sdelacruz@gmail.com

En contraste con los volcanes poligenéticos, contruidos por los productos acumulados de numerosos episodios eruptivos provenientes de una misma fuente, los volcanes monogenéticos resultan del ascenso de magma desde fuentes sin una localización definida. Esto plantea una diferencia fundamental de las génesis de estos dos tipos de vulcanismo, que requiere ser dilucidada para poder abordar el problema del riesgo volcánico. A la dependencia temporal de la probabilidad de que ocurra una erupción de magnitud determinada, que representa el principal problema en la evaluación del peligro volcánico en el caso poligenético, se añade en el caso monogenético la dependencia espacial. Por ello es esencial determinar la relación entre las distribuciones espacial y temporal de las erupciones monogenéticas. Ante la dificultad de fechar radiométricamente un campo monogenético extenso, como Chichinautzin o Michoacán -Guanajuato, se presentan aquí algunas metodologías y resultados de la estimación de esa relación de distribuciones con base a métodos de morfocronología sustentados en el análisis de las componentes de frecuencia espacial que conforman las curvas de nivel de los conos de escoria monogenéticos. Asimismo, se distinguen dos tipos de actividad monogenética con distintas relaciones entre las distribuciones que sugieren génesis diferentes.

VUL-13

VOLCÁN CUATEPEL Y SU COMPARACIÓN CON LOS VOLCANES CERRO DEL AGUA Y DOS CERROS: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, EDAD, CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS, SIERRA CHICHINAUTZIN, CENTRO DE MÉXICO

López Valdés Néstor¹ y Guilbaud Marie-Nôelle²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra²Instituto de Geofísica, UNAM

azturi11@hotmail.com

El Campo Volcánico Sierra Chichinautzin (CVSC) es el segundo campo con mayor densidad de edificios monogenéticos recientes en la Faja Volcánica Transmexicana, y es de gran interés ya que en él se encuentran una amplia diversidad de estructuras (domos, conos de escoria, flujos de lava viscosos y volcanes escudo de tamaño mediano coronados por conos de escoria), 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 caracterización del volcán Cuatempel y además se compara con los productos de los volcanes Dos Cerros, y Cerro del Agua. El volcán Cuatempel presenta un cono de escoria que mide 192 m de alto, y 1,070 m de diámetro, un área de 0.8 km² y un volumen de 0.08 km³ (Vivó Vázquez, G., 2017), a su vez, las lavas cubren un área de 33.9 km². También, se observan diferencias en la rugosidad y desarrollo en el encaje, siendo Cuatempel quien presenta menor rugosidad y mayor desarrollo en el encaje, mientras que Cerro del Agua es quien presenta mayor rugosidad y menor desarrollo en el encaje. Morfológicamente, las lavas Cuatempel y Cerro del Agua, presentan una geometría extendida y alargada con una dirección predominante en los flujos S-SE, mientras que los flujos de lavas del volcán Dos Cerros presentan una morfología semicircular con una tendencia preferencial de dirección N. En cuanto a edad y composición, el volcán Cuatempel presenta una edad 27,700 años A.P., y composición de andesita basáltica-andesita (SiO₂: 54-59 % en peso), mientras que para el Dos Cerros se tienen 18,500 años A.P., y una composición de andesita-andesita basáltica (SiO₂: 56-60 % en peso), y para Cerro del Agua 16,300 años A.P., y una composición de andesita basáltica-andesita (SiO₂: 52-57 % en peso). A su vez, se generaron diagramas geoquímicos encontrándose claras diferencias, las cuales pueden usarse para identificar estos productos en los pozos de la cuenca del valle de México cercanos al área de estudio. Los elementos que muestran mejor las diferencias mencionadas son el Sr, 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 del volcán Cerro del Agua se tienen rangos de 440-599 ppm para Sr, y 13.9-22.9 ppm para La. Por su parte, el volcán Dos Cerros presenta valores para Sr de 430-536 ppm y 17.1-43.3 ppm para La. De tal manera que, el volcán Cuatempel presenta los menores valores de Sr y La, mientras que, el volcán Cerro del Agua alcanza los mayores valores de Sr. Por su parte, en el caso del volcán Dos Cerros se observan las mayores concentraciones de La.

VUL-14

PRECURSORES Y EVOLUCIÓN SÍSMICA DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA 2015-2017 DEL VOLCÁN DE COLIMA

Vargas Bracamontes Dulce¹, Mora Mauricio², Nava Alejandro³, Arámbula Mendoza Raúl¹ y Alcaraz Sebastián⁴¹CONACYT-Universidad de Colima²Universidad de Costa Rica³CICESE⁴Universidad de Colima
dmvargasbr@conacyt.mx

Diversos estilos eruptivos han caracterizado la actividad del Volcán de Colima en años recientes. Durante el 10-11 de julio del 2015 presentó su actividad eruptiva más intensa desde 1913. Un colapso parcial del domo y de la pared del cráter generó varios flujos piroclásticos, el mayor de los cuales alcanzó 10.3 km al sur del volcán. Múltiples flujos de lava descendieron por varios flancos del edificio volcánico y la caída de ceniza afectó a la población ubicada hasta los 40 km del cráter. En los meses siguientes, destacó la presencia de explosiones vulcanianas frecuentes, así como la incandescencia a partir del 9 de febrero del 2016 asociada con el crecimiento de un domo pequeño, que fue destruido por explosiones posteriores. A finales de septiembre del 2016 se registró el emplazamiento de un nuevo domo de lava que posteriormente comenzó a desbordarse generando flujos lava por la parte sur del volcán. En octubre y noviembre del 2016 se presentaron varios pulsos de magma que abastecieron parcial o completamente la formación de domos. A la par de esta actividad se registraron explosiones vulcanianas intermitentes. Durante el periodo del 7 de enero al 3 de febrero del 2017 se observó un incremento en la intensidad de algunas explosiones consideradas como moderadas-grandes, las cuales generaron ondas de choque y caída de ceniza detectadas en la ciudad de Colima, así como flujos piroclásticos por colapso de columna con alcances de hasta 4.5 km con respecto del cráter. Durante el resto del 2017, la actividad disminuyó notablemente con la presencia de explosiones menores y desgasificación pasiva, la cual se mantiene hasta la fecha. Se presentarán resultados del análisis sísmico mediante diversas técnicas en tiempo-frecuencia aplicadas a la sismicidad precursora, eruptiva y post-eruptiva de la actividad casi constante del periodo

2015-2017 del Volcán de Colima. Se hará énfasis en la inspección detallada de los registros sísmicos utilizando métodos espectrales clásicos y recientes aplicados al SSAM, índice de frecuencias, frecuencias dominantes, cuantificación del contenido espectral en diferentes bandas, así como el uso del criterio de información de Akaike para la detección de cambios significativos en la actividad volcánica empleando las series de tiempo obtenidas a partir del análisis espectral.

VUL-15

P- AND S-WAVE VELOCITY STRUCTURE BENEATH THE COLIMA VOLCANO COMPLEX FROM LOCAL EARTHQUAKE TOMOGRAPHY

Escudero Christian R.

Universidad de Guadalajara

christian.escudero@cuc.udg.mx

The Colima Volcano Complex (CVC) located in the western sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt is one of the most active volcanic systems in Mexico. Using local earthquakes, I inverted P- and S-wave travel times to estimate 3D high-resolution P- and S-wave velocity structure beneath the CVC. The high-resolution P-wave velocity model shows a low-velocity anomaly with approximately elliptical-shape and major semi axis oriented northeast southwest. Its center is located slightly southwest of the CVC at eight kilometers depth. The high-resolution S-wave velocity model shows irregular interconnected lobes of low-velocity anomalies located in the southwest flank of the CVC. The decorrelation between P- and the S-wave low-velocity anomalies suggested the presence of compositionally distinct magma reservoirs. The results substantially support the idea of melting migration toward the southwest from the CVC and the presence of a shallow complex system of magma reservoirs.

VUL-16 CARTEL

EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR LAHARES EN EL SECTOR NORESTE DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA MEDIANTE EN EL USO DE FLO-2D

Niño Leonardo¹, Capra Lucia² y Caballero García Lizeth²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²UNAM

leonardo.nino.estrada@gmail.com

El Nevado de Toluca es un estratovolcán ubicado en el límite del sector central y oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano, a aproximadamente 20 km al sur de la ciudad de Toluca. La historia eruptiva del volcán durante el Pleistoceno tardío – Holoceno, ha sido caracterizada por erupciones explosivas de tipo pliniano intercaladas con erupciones efusivas con emplazamiento y colapso de domos somitales lo que ha generado depósitos piroclásticos de flujos de bloques y ceniza que dan la configuración a las laderas del edificio volcánico. La presencia de éstos depósitos piroclásticos no consolidados ha favorecido la ocurrencia de procesos erosivos, con la formación de lahares durante las principales etapas eruptivas del volcán así como en el periodo de quietud. En el presente trabajo se describen las características de los depósitos asociados a lahares ocurridos en el volcán durante su historia eruptiva más reciente, con el fin de definir su origen y magnitud para hacer un análisis de la susceptibilidad a inundación con base en simulaciones numéricas en el sector NE del volcán, siendo una de las zonas más densamente pobladas en la proximidad del Nevado de Toluca. Los depósitos estudiados están intercalados a las secuencias eruptivas del Pleistoceno Tardío-Holoceno. El depósito más joven fue fechado en 1200 años AP por 14C y no está asociado a una actividad eruptiva del volcán. Los diferentes depósitos estudiados consisten en depósitos de flujos de escombros e hiperconcentrados, siendo los primeros los más comunes. Con base en la distribución areal de los depósitos de lahares estudiados, se realizaron simulaciones numéricas con los programas LAHARZ y FLO-2D para definir la posible amenaza hacia las poblaciones al NE del volcán. Estos programas tienen planteamientos teóricos muy diferentes, sin embargo los resultados obtenidos por ambos son similares. En particular el programa LAHARZ requiere únicamente como dato de entrada una estimación del volumen del flujo sin embargo como resultado solamente se obtiene la zona de posible inundación. Por el contrario, el código FLO-2D, además de una estimación de la descarga del flujo (equivalente al volumen del flujo) requiere de un mayor número de parámetros de entrada, y como resultado, además de las zonas de inundación, se puede obtener información sobre la profundidad y velocidad del flujo así como de su presión dinámica. Con los resultados obtenidos del programa FLO-2D, se realizó un mapa de peligros escala 1:75,000, el cual permitió determinar las áreas susceptibles ante inundaciones, sepultamiento y en algunos casos destrucción de infraestructura. Con base en este mapa, se estima que poco más de 42,500 habitantes podrían verse afectados en un área un poco mayor a 22 km², dentro de las ciudades de San Miguel Zinacantepec, Toluca de Lerdo y comunidades rurales cercanas al volcán. Además de los daños anteriormente mencionados, también podrían ocurrir pérdidas de cultivos en las zonas agrícolas, obstrucción de caminos, canales, y vías de comunicación, y en algunos casos derrumbe de viviendas y puentes. Palabras clave: Lahares, Peligro, Volcán Nevado de Toluca, simulaciones numéricas, FLO-2D, LAHARZ

VUL-17 CARTEL

MAGNETOMETRIC SURVEY OF LA JOYA HONDA MAAR (MÉXICO) AND SURROUNDINGS; VOLCANIC IMPLICATIONS

Torres Gaytán David Ernesto
Instituto Potosino de Investigación Científica y tecnológica A.C., IPICyT
david.torres@ipicyt.edu.mx

Joya Honda (JH) is a Quaternary maar (K-Ar, matrix 1.1 My) excavated in a sequence of folded Mesozoic limestone and limestone and shale units. It is located in central Mexico and belongs to the Ventura volcanic field (VVF), which is composed by cinder cones and maars made intraplate-type mafic alkalic rocks. Volcanoes in the region form ~N40W lineaments, roughly parallel to one of the two regional set of normal faults, but there is not obvious relation between these faults and vent distribution in the exposed geology around the maar. The volcanic rock volumen is small in the VVF, and most volcanoes and their products are scattered in a región where outcrops are dominated by limestones and alluvium (Aranda-Gómez and Labarthe-Hernández, 1985). JH has an elliptical shape, with 1,100 and 850 m long axes. Maximum relief from the floor of the cráter, to the highest point on the rim is nearly 300 m, and the walls are nearly vertical. The study and 3D modeling of aerial and terrestrial magnetometry allowed us to identify and characterize the magnetic anomalies related to the JH maar, which are correlated with sources that are located at depths ranging from 230 m to 370 m. Aeromagnetic survey of la Joya Honda are part of a more extensive study and covers also all the VVF and all the state of San Luis Potosí. The aeromagnetic data was captured by the COREMI (today Mexican Geologic Service) with flight lines every 1,000 m and average flight height of the ground of 300 m. The processing of the data was done using Geosoft Oasis montaje software. The analysis of aeromagnetometry shows that there are several aeromagnetic domains in the region. The visual comparison with the geological chart of the same area, it is concluded that the intensities and high frequencies are associated with areas where volcanic rocks abound. The second magnetic sector with low intensities and frequencies coincides with outcrops of Mesozoic rocks. The aeromagnetic anomaly associated to the JH has an irregular shape similar to a horseshoe, with a low in the central part. Towards the SE there is an inverted anomaly that is interpreted associated with a volcano buried below the products of JH and located immediately to the E of the mar. Seven terrestrial magnetic sections were performed with total magnetic field reading stations every 25 to 50 m. With these sections a contour map was made in and around the JH (López-Loera et al., 2008), obtaining a terrestrial magnetic anomaly in the south central portion of the crater that was modeled in 3D with the software of Geosoft VOXI (Ellis et al., 2012), obtaining a vertical cylindrical body that resembles a diatreme.

VUL-18 CARTEL

ANÁLISIS DE LOS LAHARES OCURRIDOS EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL DESPUÉS DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

Cortés López Lizeth¹, Capra Lucia², Ferres Dolors²,
Caballero García Lizeth³ y Martínez Valdés Judith Ivonne⁴
¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
²Centro de Geociencias, UNAM
³Facultad de Ciencias, UNAM
⁴UNAM Juriquilla, Querétaro
cortes.wlp.9@gmail.com

Lahar es un término que se refiere a un flujo de agua mezclado con fragmentos de roca de origen volcánico de diferentes tamaños que descienden a gran velocidad por los relieves volcánicos. Los lahares son uno de los eventos volcánicos más destructivos, capaces de movilizar grandes volúmenes de sedimentos y producen efectos devastadores para la población y la infraestructura que se ubican en las faldas de los volcanes, por lo que su estudio es de gran importancia. El volcán Popocatepetl es el volcán más activo de México y representa un riesgo por más de 20 millones de habitantes. Las erupciones que han tenido un mayor impacto durante su historia eruptiva son de tipo pliniana, con la formación de columnas sostenidas de más de 20 km de altura, sin embargo, los lahares representan los eventos que con mayor frecuencia se han originado durante y después de una erupción. El sismo ocurrido el 19 de septiembre del 2017 disparó múltiples procesos de remoción en masa en las zonas de mayor intensidad, incluyendo el Volcán Popocatepetl. En la ladera occidental del volcán se formaron numerosos deslizamientos superficiales que acumularon grandes volúmenes de material suelto. El 4 de octubre se registró una lluvia que provocó la removilización del material acumulado con la formación de un lahar que llegó a afectar la población de San Juan Tehuixtitan, fenómeno nunca observado en los canales que drenan hacia esta población. En el presente trabajo se reportan los resultados del estudio estratigráfico y granulométrico del depósito originado por el lahar, y las simulaciones realizadas con el código FLO-2D para reproducir el evento y definir las posibles zonas de inundación en caso de que un evento similar pueda volver a ocurrir.

VUL-19 CARTEL

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LOS CONOS MONOGENÉTICOS EN LA ZONA DE CHIGNAHUAPAN Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA GEOTERMAL DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Díaz-Novelo Brígida Faride¹, Sosa-Ceballos Giovanni², Macías Vázquez José Luis³, Avellán Denis Ramón³ y Pérez Orozco Juan Daniel⁴
¹Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
²Instituto de Geofísica campus Morelia, UNAM
³Cátedras CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM
⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
faridiaz.n@gmail.com

El magmatismo post-colapso en una caldera volcánica no está completamente estudiado. Se conoce que los bordes del colapso son zonas permeables que permiten el alojamiento y ascenso de magmas riolíticos. Sin embargo, el origen y almacenamiento de estos magmas no se ha entendido totalmente. Existen calderas en donde el vulcanismo máfico está ausente en su zona central y sólo ocurre, ocasionalmente, en la periferia de la estructura. La caldera de Acoculco es un ejemplo de este tipo de vulcanismo máfico periférico, en donde, este tipo de magmatismo podría ser fundamental para mantener el sistema geotérmico activo y en condiciones de ser explotado. Este trabajo pretende investigar si el vulcanismo monogenético en la zona SE de la caldera de Acoculco comparte características con el vulcanismo del Campo Monogenético de Apán (CMA), el cual, al ser acumulado en la parte central de la caldera mantiene caliente el sistema geotermal. El objetivo de esta investigación es caracterizar geológicamente y geoquímicamente los conos monogenéticos al SE de la caldera de Acoculco para poder investigar su relación con el vulcanismo del Campo Monogenético de Apán y con el sistema geotermal de la Caldera de Acoculco. Se colectaron 22 muestras de conos de escoria y flujos de lava y se analizaron para elementos mayores y traza. Se seleccionaron 13 muestras para estudios petrográficos. Los resultados de química de roca total muestran que la mayoría de las rocas tienen afinidad calcoalcalina (anomalías positivas de Ba, K, U, Th y Pb, así como, anomalías negativas de Nb y Ta), exceptuando un par de traquibasaltos que parecen transicionales. El rango composicional de las muestras va de basalto a andesita (50 a 61 wt. % de SiO₂) para la serie subcalalina y traquiandesitas basálticas (~54 wt. % de SiO₂). El estudio petrográfico se encuentra en proceso y se utilizará para conocer los procesos magmáticos que modificaron los magmas. Este análisis y la modelación geoquímica de los conos monogenéticos alrededor de Chignahuapan permitirán hacer una comparación con los volcanes del Campo Monogenético de Apán.

VUL-20 CARTEL

MORFOLOGÍA DE CENIZAS VOLCÁNICAS DE CAÍDA BAJO MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, DEL VOLCÁN LA VIRGEN BCS (PÓMEZ LA VIRGEN), VOLCÁN POPOCATÉPETL (4-5 DE JULIO DE 2013), VOLCÁN DE COLIMA (10 DE JULIO DE 2015) Y VOLCÁN PARÍCUTIN

García Tenorio Felipe¹, Cardona Melchor Silvestre², López Guillén Circe³, Lira Beltrán Marcela² y Mendiola López Irma Fabiola²
¹Laboratorio de Petrografía-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, IGUM, UNAM
²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, IGUM, UNAM
³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
tenoriogf@geofisica.unam.mx

Cenizas volcánicas representan partículas formadas del magma tras fragmentación en una erupción explosiva, conocer sus formas y estructuras externas, pueden dar una idea del tipo de mecanismo eruptivo implicado durante la erupción. Análisis bajo el microscopio electrónico de Barrido y análisis granulométrico se realizaron. La Pómez la Virgen es un depósito de caída de una erupción Pliniana, del Pleistoceno-Tardío del volcán La Virgen (Capra et al, 1998). Se tomó una muestra de una capa de 3 m de espesor a 8 km al SW de la fuente, de la parte media de la secuencia. Está compuesta de 82% de lapilli, 61% de cenizas-gruesas, 43% de cenizas-medianas y 1% de cenizas-finas, sus componentes son 22% de pómez-blanca, 11% de pómez-bandeada, 1% de pómez-rosa, 5% de líticos-accesorios, 32% de líticos-juveniles y 20% de líticos-accidentales, y 4% de cristales. Sus tipos morfológicos son: Fragmentos tipo blocky, elongados, placa-curvilineares, redondeados, agregados, de vesículas de tubo y subesféricas. El depósito de caída del Popocatepetl (PO) fue muestreado a 15 km de la fuente (Nexapa), y corresponde a erupciones vulcanianas de columnas de baja altura (2-3 km), ocurridas el 3-4 de Julio de 2013. Está compuesta, de 53% de cenizas-medianas y 47% de cenizas-finas, sus componentes son 11% de líticos-Juveniles, 7% de líticos-accesorios, 1% de líticos-accidentales, 9% de pómez, 1% de escoria, 23% de vidrio. Sus tipos morfológicos, son: blocky, elongado, agregados, de placa-curvilinear, redondeado, vesículas-subesféricas y de tubo. El depósito de caída del Volcán de Colima (CO) fue muestreado a 8 km (La Yerbabuena), de una capa de 1 cm de espesor, de las erupciones del 10 y 11 de Julio de 2015, de cenizas de caída dispersadas al Este y SW del volcán, en el evento relacionado al Flujo Piroclástico del CO ocurrido esos días. Consiste de, 23% de ceniza-gruesa, 40% de ceniza-media, 37% de ceniza-fina, con componentes

de 39% de líticos-juveniles, 16% de líticos-accesorios y 42% de cristales. Sus tipos morfológicos son blocky, elongados, redondeados, curvilineales, agregados y spongy. El depósito de caída del Parícutin comprende a una capa de ceniza muestreada a 5km de la fuente, en las ruinas del templo de San Juan sepultado por las lavas, en una capa que sobreyace al suelo previo al 20 de febrero de 1943, en los primeros 5 cm arriba del suelo. Consiste de 1% de lapilli-fino, 4% de ceniza-gruesa, 71% de ceniza-mediana, y 24% de ceniza fina, sus componentes son 42% de escoria-vítrea, 30% de escoria gris-verdosa, 23% de escoria gris-oscuro, 2% de líticos y 3% de cristales. Sus tipos morfológicos son blocky, spongy, de gota, placa y redondeado. La composición química del magma y el estilo eruptivo probablemente influye en los tipos morfológicos y de componentes. Parícutin denota una fragmentación magmática, mientras que PO y CO una influencia de agua externa en sus erupciones por ejemplo por la presencia de agregados.

VUL-21 CARTEL

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EVENTOS EXPLOSIVOS SIGNIFICATIVOS DEL EPISODIO ERUPTIVO DE 1997 A 2016, PARA LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO VOLCÁNICO EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Mendoza-Rosas Ana Teresa¹ y De la Cruz-Reyna Servando²

¹CONACYT - Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
atmendoza@conacyt.mx

Después de un periodo de 70 años de quietud, el volcán Popocatepetl inició un episodio eruptivo en 1994, caracterizado por una secuencia de episodios sucesivos de emplazamiento y destrucción de domos de lava. Estos episodios van acompañados por la producción de columnas eruptivas de ceniza que en ocasiones alcanzan alturas mayores a 4km sobre la cumbre del volcán, tanto en las etapas de formación como de destrucción de los domos. Utilizando la altura de la columna como un indicador de la intensidad asociado a esa actividad, y por lo tanto de su poder de dispersión y potencial destructivo, hemos construido una base de datos de las columnas producidas por dichas explosiones significativas que exceden 4 km sobre la cima del volcán en el periodo de 1997 a 2016. Aquí analizamos las características estadísticas de esa base de datos, considerando la ocurrencia de las columnas como una variable aleatoria asociada al peligro de la actividad explosiva. Encontramos que la ocurrencia de explosiones significativas puede describirse como un proceso puntual que se desarrolla en al menos dos etapas. La primera etapa de 1997 a 2003 puede describirse por medio de una distribución de Mezcla de Exponenciales (MOED), debido a que presenta un marcado carácter no-estacionario, mientras que la segunda etapa, de 2003 a 2016 se comporta de forma estacionaria y se ajusta satisfactoriamente a una distribución exponencial. Este punto de cambio significativo en 2003 implica diferencias importantes en la evaluación del peligro de ocurrencia de columnas eruptivas significativas, por lo que es importante analizar continuamente las características estadísticas del proceso para identificar posibles cambios en la dependencia temporal del proceso, que por lo general no van acompañados de manifestaciones físicas evidentes.

VUL-22 CARTEL

GEOLOGY OF THE PLEISTOCENE QUINCEO AND TETILLAS SMALL-SHIELD VOLCANOES, MICHOACÁN GUANAJUATO VOLCANIC FIELD (MÉXICO)

Avellán Denis Ramón¹, Cisneros Guillermo², Macías Vázquez José Luis², Gómez Vasconcelos Martha Gabriela², Sosa-Ceballos Giovanni², Laver Paul W.³ y Robles Camacho Jasinto⁴

¹Cátedras CONACYT - Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM Campus Morelia

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM Campus Morelia

³College of Natural Science, Mathematics and Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks

⁴Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)
denisavellan@gmail.com

The Quinceo and Tetillas small-shield volcanoes are located at the central-east part of the intra-arc Michoacán-Guanajuato volcanic field in the Trans-Mexican volcanic belt. This region records a protracted geological evolution that culminated with intense monogenetic activity in the Pleistocene. Based on a detailed geological map and stratigraphy aided by new ⁴⁰Ar/³⁹Ar and ¹⁴C radiometric dates and whole rock chemical analyses, we established the eruptive chronology of the Quinceo - Tetillas small-shield and adjacent volcanoes. These volcanoes were built upon the Miocene regional volcanism of the Cuitzeo lavas, Cuitzeo ignimbrite, Atécuaro ignimbrite, and the Punhuato lavas. This Miocene volcanics is part of the transitional volcanism between the Sierra Madre Occidental and Trans-Mexican volcanic belt. Early Trans-Mexican volcanic belt products are represented by late Miocene to Pliocene andesitic domes and lava flows. In the middle Pleistocene an atypical event occurred, an explosive eruption that dispersed the Cuitzeo fallout pyroclastic sequence that mantled the northern part of the study area. The monogenetic volcanic activity resumed at middle Pleistocene with andesitic lava flows that formed the Quinceo small-shield volcano. At the beginning of the later Pleistocene activity migrated to the southwest to build the Pelón scoria cone with the generation of basaltic andesite scoria fallout and bombs. Later, volcanism migrated 6 km to the northeast as the Tetillas small-shield volcano through the emission of basaltic andesite lava flows and consecutively continued with the emplacement of two domes and a scoria cone

on its top, that together built the largest cone of the study. Finally the monogenetic volcanic activity stopped until with the location of two andesite to basaltic andesite scoria cones and a basaltic lava flow. The Quinceo - Tetillas and adjacent volcanoes rocks have compositions of 49.3 – 61.6 wt% in silica, and medium-K (0.43 – 1.83 wt% K₂O). The Quinceo - Tetillas and adjacent volcanoes are located within the Tarimbaro graben; their distribution, eruptive style and volume might be controlled by the ENE-oriented faults belonging to the Morelia-Acambay Fault System.

VUL-23 CARTEL

ESTUDIO DEL VULCANISMO FISURAL DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS, PUEBLA, MÉXICO

Ledesma Herrera Karina¹, García Tenorio Felipe² y Yañez García Camilo¹

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Laboratorio de Petrografía-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, IGUM, UNAM
celtakarina@hotmail.com

El vulcanismo fisural presente en calderas volcánicas es resultado de erupciones muy violentas y de grandes magnitudes, el cuál ocurre cuando la estructura volcánica se hunde sobre la cámara magmática y a la vez se genera un colapso superficial, todo esto posterior de erupciones muy explosivas y voluminosas. Del estudio de sistemas fisurales se puede obtener información valiosa sobre el sistema de conductos de un volcán y sobre el sistema estructural que lo afecta. Estudiar los sistemas fisurales activos, nos ayuda a comprender mejor la evolución volcánica así como la historia eruptiva del sistema y las estructuras que controlan el ascenso y movimiento de los fluidos magmáticos. En este trabajo de tesis de maestría, se analizó el vulcanismo pre y post-caldérico de la caldera de Los Humeros, Puebla. Se logró encontrar un vulcanismo que incluye episodios riolíticos (Pleistoceno Medio) sobre fallas NE-SW y NW-SE, dacíticos y riolíticos (Pleistoceno Tardío) en fallas NE-SW, y un vulcanismo andesítico y andesítico basáltico (Pleistoceno Tardío-Holoceno) el cuál yace sobre el anillo sur de la caldera y que a su vez está controlado por fallas y fisuras NE-SW. Se identificaron al menos 30 volcanes fisurales en la parte sur y 27 en la parte centro norte. La concentración del vulcanismo en la parte sur nos indica que pudiera haber una fuente magmática asociada, la cual puede ser una de las fuentes de calor del sistema geotérmico. La dirección del sistema fisural implica que en estas zonas es donde probablemente se recargan los acuíferos que alimentan el sistema geotérmico. En la etapa basal de la caldera también parece haber ocurrido un importante vulcanismo fisural.

VUL-24 CARTEL

EL MAPA GEOLÓGICO DEL GRABEN DE ACAMBAY: VERSIÓN DIGITAL ACTUALIZADA

De la Cruz Jasso Katia Andrea¹ y Aguirre Díaz Gerardo de Jesús²

¹Torres

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
katiajasso0503@gmail.com

El graben de Acambay (Estado de México, Michoacán, Querétaro) se ubica en la porción central del Cinturón Volcánico Mexicano y es más conocido por las fallas E-W que lo limitan, la más estudiada es la falla del borde norte-oriental, Acambay-Tixmadejé, por el sismo de 1912 con Ms de 7.0 (Astiz, 1986) que causó graves daños en la zona. Desde la monografía de Urbina y Camacho (1913) varios autores han publicado numerosos trabajos sobre la geología estructural de las fallas y sobre estudios de paleosismicidad en varias de éstas. Sin embargo, no se ha publicado el mapa geológico de este graben, salvo una versión simplificada como una figura pequeña en trabajos recientes sobre paleosismicidad en el graben. Se ha preparado una versión no simplificada del mapa geológico de Acambay (escala 1:100,000 en su versión impresa), y que incluye todas las unidades litoestratigráficas identificadas en el área. El trabajo cartográfico se inició desde la tesis doctoral de Gerardo J. Aguirre Díaz, publicada en parte en 1996 (RMCG). Desde ese entonces Aguirre-Díaz ha seguido realizando cartografía geológica en la zona del graben, enfocándose en la estratigrafía y geología estructural, con especial dedicación entre el 2015-2018. Este trabajo de campo ha sido documentado con edades isotópicas utilizando desde las primeras edades con la técnica K-Ar hasta las obtenidas más recientemente de ⁴⁰Ar-³⁹Ar, U-Th y U-Pb en circones, y las de radiocarbono AMS. Estas edades han sido reportadas por varios autores y en el mapa se presenta una compilación de éstas. Durante el 2017-2018 la información geológica y geocronológica fue digitizada en un SIG por la primera autora como parte de su tesis profesional, utilizando un modelo de elevación digital obtenido de la base de datos del INEGI. Se presenta aquí la versión prácticamente terminada del mapa digitizado del graben de Acambay, el cual estará disponible posteriormente en alguna revista científica de libre acceso, acompañado de un texto donde se hace una descripción de las unidades cartografiadas y se muestra la información geocronológica compilada con los créditos correspondientes. Financiado por el proyecto UNAM-DGAPA-PAPIIT-IN104615.

VUL-25 CARTEL

EL USO DE LA GEOMÁTICA EN LA CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y MORFOLÓGICA DE LA CALDERA DE ILOPANGO, EL SALVADOR

Calderón Cucunubá Laura Paola¹, Aguirre Díaz Gerardo de Jesús² y Noyola Medrano Cristina¹

¹Facultad de Ingeniería, Geomática, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
lpcalderonc@unai.edu.co

Este estudio es una contribución a la caracterización cuantitativa y cualitativa de las geoformas volcánicas y estructurales de la caldera de Ilopango y su entorno, la cual se ubica en la parte central de El Salvador. Se identificaron varias geoformas al interior y proximidades de ésta a partir del tratamiento y análisis de Modelos Digitales de Elevación (MDE). Se utilizaron dos MDE generados por tecnología LIDAR (Light Intensity Detection and Ranging), con una resolución espacial de 1 y 5 m, y datos batimétricos del Lago de Ilopango reportados por Sánchez- Esquivel (2016). Con este material se establecieron el límite topográfico de la caldera, los parámetros morfométricos (pendiente, curvatura y aspecto) y los rasgos morfométricos (crestas y canales). A partir de esta información se identificaron varios colapsos producidos por deslizamientos en masa en el borde topográfico de la caldera; también se identificaron varios domos, algunos de ellos intra-caldera y alineados NW, así como lineamientos y escarpes asociados a fallamiento en el entorno de la caldera. Se obtuvieron datos morfométricos incluyendo área, perímetro, cota máxima y mínima, altitud y pendiente promedio del área estudiada. Podemos concluir que la caldera de Ilopango tiene una geoforma poligonal relacionada directamente con el control estructural de su entorno, y que la caldera aparentemente ha sido desplazada al menos 2 km en su lado occidental por la falla activa lateral-derecha de San Vicente, orientada E-W. Los lineamientos, escarpes y domos presentan una orientación preferente NW-SE asociadas a fallas normales. En conclusión, se puede establecer que la tectónica transtensional de la región influyó directamente sobre la geometría de la caldera de Ilopango, y por lo tanto existe un vínculo entre el origen de la caldera con la tectónica del lugar. Estudio financiado por CONACYT-CB grant 240447 y apoyado con información LIDAR del MARN-El Salvador.

VUL-26 CARTEL

LA ESPECTROSCOPIA RAMAN COMO MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE MINERALES VESTIGIO, PRODUCTO DE EVENTOS RECIENTES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz José Francisco, Vázquez Sánchez Raúl, Apreza Sies Armando y Rosas Josue Nahun
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
jose.goguy@gmail.com

Los métodos de espectroscopia han tenido un considerable desarrollo en las ciencias de la Tierra, como lo son también las de absorción atómica, de difracción de rayos "x", Ultravioleta, de fluorescencia atómica, Raman, entre otras. La espectroscopia Raman es una técnica de estudio que nos ayuda a obtener datos acerca de la composición química y estructural de un material, estas características nos ayuda a identificar el material e inferir sobre los procesos físico – químicos relacionados. En el presente trabajo se realiza un análisis espectral, a partir de las muestras de ceniza volcánica proveniente del Popocatepetl, utilizando la técnica de espectroscopia Raman. Para lograr dicho propósito se utilizó un LASER de excitación de 830 nm y se desarrolló un programa en MATLAB para la obtención y análisis de los espectros que caracterizan las muestras estudiadas. Una vez obtenidos los espectros y los picos de las líneas Raman, se identificó que los valores de las señales más representativas pertenecen a minerales de la familia de los piroxenos y ortopiroxenos. Sin embargo la intensidad en las señales que se muestran en los espectros varía con respecto a las señales de minerales que se investigaron en bases de datos libres, pertenecientes a laboratorios franceses. Por tanto, la diferencia entre intensidades, posiblemente indica que los minerales sufrieron una alteración dentro de sus características debido a procesos físicos a diferentes profundidades del volcán, afectando la estructura química.

VUL-27 CARTEL

AVANCES DE UNA POSIBLE ESTIMACIÓN DE MAGNITUD LOCAL PARA EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Valderrama Membrillo Sergio y Caballero Jiménez Gema Victoria
CENAPRED
svalderramam09@gmail.com

El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos del territorio mexicano. En diciembre de 1994 el volcán reinició su actividad tras 70 años de inactividad. En la actualidad el Popocatepetl es uno de los volcanes mejor monitoreados del mundo, diariamente el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) se encarga de monitorear la sismicidad proveniente del volcán. En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares de la magnitud local de sismos volcanotectónicos (VT) provenientes del Popocatepetl para un par de estaciones, Canario y Chipiquixtle. Se pretende ocupar más de 500 VT con magnitudes de

coda que varían de 1 a 3, para conocer la atenuación empírica, la corrección de la estación, con el objetivo de obtener una expresión que ayude a la determinación de la magnitud local. Los VT considerados corresponden a profundidades de entre 1 a 18 km, por bajo el cráter del volcán y se registraron de enero a julio del presente año. Los resultados pretenden ayudar agilizar la cuantificación de energía liberada para cada VT que se presente en el volcán Popocatepetl.

VUL-28 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO YOLO, SE DEL ESTADO DE HIDALGO

Cisneros Guillermo¹, Avellán Denis Ramón², Macías Vázquez José Luis¹, Hernández Lidia Salud³, Hernández René³ y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Catedras CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro
geo_cis_max@hotmail.com

Autores: Cisneros Máximo Guillermo¹, Avellán López Denis Ramón², José Luis Macías Vázquez¹, Hernández Martínez Lidia Salud³, Hernández Olivares René³, Martha Gabriela Gómez Vasconcelos¹, Instituto de Geofísica Unidad Morelia (IGUM), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)¹, Catedras CONACYT- Instituto de Geofísica Unidad Morelia (IGUM), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)², Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro (ITST)³. **ESTRATIGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO YOLO, S-E DEL ESTADO DE HIDALGO.** Resumen: Durante este trabajo se creó un Modelo Digital de Elevación del Terreno y un modelo de análogos del área de estudio, los cuales junto con ortofotos e imágenes spot pancromáticas y multispectrales con resoluciones de 1.5 y 6 m, respectivamente, ayudaron a realizar un mapa fotogeológico preliminar a la primera salida de campo y posteriormente sirvieron para rectificar y modificar los límites entre las estructuras volcánicas y la distribución de sus depósitos volcánicos, obteniendo así el mapa geológico actual con la distribución de las distintas unidades litológicas cartografiadas y la estratigrafía preliminar de la zona de estudio. La zona de denominada Complejo Volcánico Yolo (CVY), se localiza al E de la ciudad de Tulancingo, Hgo. y a 20 km al NW de la caldera de Aculco, Puebla, en la parte centro-este del país al este del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM). Durante el trabajo de gabinete y de campo realizados en este estudio se reconocieron varias estructuras y depósitos volcánicos que han permitido determinar la relación estratigráfica entre ellos, así como su distribución. Para lo cual presentamos un nuevo mapa geológico escala 1: 50.000 del CVY en el Estado de Hidalgo, al este de la ciudad de México. El mapa abarca un área de 230 km² puesta a tierra en un conjunto de datos de ArcMap. El mapa recopila una revisión exhaustiva de los mapas geológicos disponibles y la literatura disponible combinada con una nueva cartografía detallada de las rocas volcánicas. Nuestra estratigrafía es apoyada por la petrografía y la química de las rocas. El CVY se encuentra sobre las calizas del Cretácico de la Sierra Madre Oriental y la meseta basáltica de Zacatlán del Mioceno. El complejo volcánico consta de 8 unidades volcánicas formadas en el Plioceno Tardío. Las rocas expuestas en la zona son predominantemente riolitas y dacitas con un alto contenido de sílice (65-75 SiO₂% en peso). Yolo está situado dentro del Graben de Apan orientado hacia el NE que forma parte de una disposición ortogonal regional de horsts y estructuras parecidas a graben, representadas principalmente por la intersección de dos sistemas de fallas presentes en esta región. El sistema de fallas Apan-Piedras Encimadas llamativo NE y el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende llamativo NW. Estas fallas tectónicas controlan la distribución, el desarrollo y la geometría de algunas estructuras volcánicas y la sedimentación en la región.

VUL-29 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA Y DINÁMICA ERUPTIVA DE LA SECUENCIA FREATOPLINIANA ASOCIADA A LA IGNI MBRITA DE CUITZEO, NORTE DE MORELIA MICHOACÁN

Gómez-Arango Johana Andrea¹, Avellán Denis Ramón², Macías Vázquez José Luis³, Cisneros Guillermo³, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela³, Arce José Luis⁴ y Sánchez-Núñez Juan Manuel⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Cátedras CONACYT - Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia Michoacán

³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia Michoacán

⁴Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

⁵Instituto Politécnico Nacional – CIEMAD, Ciudad de México
johanagomezarango@gmail.com

Estratigrafía y dinámica eruptiva de la secuencia freatopliniana asociada a la Ignimbrita de Cuitzeo, norte de Morelia Michoacán La secuencia de depósitos de caída asociada a la Ignimbrita de Cuitzeo es un evento atípico que ocurrió posiblemente en el Pleistoceno-medio en la región centro-oriental del Campo Volcánico Michoacán – Guanajuato. Esta secuencia piroclástica se encuentra aflorando por toda la región norte de la ciudad de Morelia, y ha despertado gran interés, debido a que aún se desconoce su fuente. Esta secuencia piroclástica consta de al menos 4 erupciones que presentan características muy similares a erupciones de tipo freatopliniana, debido al desarrollo característico de una estructura gradacional homogénea con estratificación difusa y constituidas principalmente por

fragmentos de pómez como juvenil. Estas erupciones freatoplínicas son muy diferentes a las típicas erupciones plinianas que presentan un orden de 5 – 6 de Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés), y con valores de 4 para erupciones sub-plinianas; debido a que estas ocurren cuando el magma silíceo interactúa con agua superficial o subterránea, y presentan un índice de fragmentación superior a 80 vol.-%. A pesar de que esta secuencia puede ser considerada como un excelente marcador estratigráfico en la región, sin embargo, no existía ningún trabajo detallado enfocado en su estudio. Nosotros nos hemos centrado en la reconstrucción de la estratigrafía detallada, definir su fuente de emisión, distribución, y parámetros físicos de las erupciones, que incluye volumen, altura de columna, tasa de emisión y duración de la erupción, para reconocer su VEI y evaluar el peligro volcánico de toda la región norte de Morelia. Palabras clave: Erupciones freatoplínicas, Ignimbrita de Cuitzeo, Morelia, Índice de Explosividad volcánica.

VUL-30 CARTEL

CONTROLES GEOLÓGICOS EN LA FORMACIÓN DE LA JOYA DE YURIRIA MAAR, YURIRIA, GTO. MÉXICO

Arriaga Hernández Norma Maritza¹ y Kshirsagar Pooja²

¹Universidad de Guanajuato, UGTO

²Universidad de Guanajuato

waougeologa12@live.com.mx

Autores: Norma Maritza Arriaga Hernández Departamento de Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental. División de Ingenierías. sede San Matías, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato. waougeologa@live.com.mx Pooja Kshirsagar Departamento de Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental. División de Ingenierías. sede San Matías, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato. pooja6vulcan@gmail.com Claus Siebe Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México csiebe@geofisica.unam.mx Raúl Miranda Departamento de Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental. División de Ingenierías. sede San Matías, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato. rmiranda66@gmail.com Isidro Loza Aguirre Departamento de Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental. División de Ingenierías. sede San Matías, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato. alej.navarro26@hotmail.com Rodrigo Pérez Departamento de Minas, Metalurgia, Geología y Ambiental. División de Ingenierías. sede San Matías, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato. rodrigoperez_g@hotmail.com Resumen: El maar Joya de Yuriria es uno de los pocos volcanes monogenéticos de origen freatomagmático que ocurren en el Campo Volcánico de Michoacán y Guanajuato (CVMG). La escasez de volcanes freato-magmático en el CVMG indica que hubo abundancia de agua superficial, esto se debe en gran medida al hecho de que la mayor parte del CVMG cubre áreas topográficamente altas con nivel freático profundo. Los maares ocurren en zonas topográficamente bajas como lo son las cuencas lacustres en la altiplanicie mexicana. El cráter Yuriria es ligeramente alargada en sentido NW-SE con diámetro máximo de borde a borde de 0.91km y una altura de 60m sobre el nivel del pequeño lago interior (>2 m de profundidad). El maar se localiza sobre las pendientes inferiores de los flujos de lava preexistente compuestos capas horizontales de caída y oleadas. Los caídas están soportados por clastos angulares de líticos (vesicular y sin vesículas, compacto y denso de andesita o andesita basáltica de las rocas volcánicas pre-existent) mal clasificado con una distribución de tamaño de grano multimodal ($Md\# = 0.35$ a -6.05 , $\# = 1.10$ a 3.28), con muy pocos fragmentos de juveniles (>20 vol.%) de andesita basáltica ($SiO_2 = 54.4$ % en peso., $Na_2O + K_2O = 5.21$ % en peso.) Petrografía y geoquímica confirman que los flujos de lava expuestos en la pared interna del cráter pertenecen al escudo El Santiago (también andesítico en composición: $SiO_2 = 57.4$ - 60% en peso, $Na_2O + K_2O = 5.8$ - 6.0% en peso). Estos flujos de lava tuvieron que ser pocos profundos para tener interacción con agua subterránea hacia la dique ascendente para permitir interacción de magma-agua (relación de ~ 0.2) para mantener con éxito el erupción freatomagmático consistentemente durante la actividad.

VUL-31 CARTEL

CONTROLES GEOLÓGICOS Y AMBIENTALES EN LA FORMACIÓN DE LA SANABRIA-SAN ROQUE COMPLEJO DE MAARES, IRAPUATO, GUANAJUATO, MÉXICO

Navarro Cárdenas Alejandra de Jesús, Kshirsagar Pooja, Arriaga Hernández Norma Maritza y Pérez Gutiérrez Rodrigo

Universidad de Guanajuato, UG

alee_navarro26@hotmail.com

La Sanabria-San Roque complejo de maares actualmente se localiza en el Municipio Irapuato del Estado de Guanajuato, México y se encuentra entre las coordenadas N 20°39'18"- N 20°35'06" and W 101°21'00"-W101°18'18". El complejo se compone de tres cráteres de maar ~ 1.5 km de diámetro superpuestos y se forman parte de los volcanes monogenéticos del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), que cuenta con >1000 conos de escoria y >400 escudos de volumen

mediano y ~22 volcanes freatomagmáticos (como conos de toba, anillo de toba y maares). La existencia de volcanes freato- magmáticos es escasa, debido a las condiciones que estos requieren para su formación como lo es la abundancia de agua en un nivel somero que pueda estar en contacto durante el período eruptivo, generalmente por eso las encontramos en zonas del Altiplano Mexicano, las cuales presentan un relieve bajo (como lo son las cuencas lacustres). El objetivo del presente estudio es reconstruir la historia de evolución de este complejo freatomagmático, elevar la estratigrafía volcánica de los depósitos con respecto de las rocas volcánicas alrededor de este complejo, identificar los cambios de estilo de erupción (que sí existe?) y también 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 Observaciones preliminares durante la salida de campo nos indica que los maares en esta zona son más viejos en comparación de los que encuentran alrededor de Valle de Santiago. Los depósitos proximales son típico freatomagmáticos con capas alternativas de oleadas secas soportado por cenizas finas (comparativamente dura) y caídas, soportado por fragmentos angulares del tamaño lapilli gruesos de líticos probablemente de las rocas volcánicas que debajo del maar, con muy poca cantidad de bomba juveniles. Estos depósitos se afloran en el banco de material o canteras, algunas con más de 16 años donde el material volcánico es explotado para la construcción e infraestructura, principalmente como tepetate (se han explotado unos 8 m de profundidad). Un estudio detallado revelará información importante sobre las condiciones paleo-ambientales que existieron durante la formación de estos cráteres, que posteriormente podrán compararse con datos de volcanes similares en esta región (Valle de Santiago, Irapuato y Yuriria) 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 o de $40Ar/39Ar$ en un futuro cercano.

VUL-32 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA ERUPCIÓN PLINIANA QUE DIÓ ORIGEN AL DEPÓSITO DE LA PÓMEZ OCRE EN EL NORESTE DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA

Castillo Pérez Nuria Itzel¹ y Capra Lucia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México
itzellupop@live.com.mx

El Nevado de Toluca es un estratovolcán activo en estado de quietud, de composición andesítica - dacítica, ubicado en el sur del Estado de México, formando parte del Cinturón Volcánico Transmexicano. El volcán Nevado de Toluca inició su actividad en el Plioceno Tardío hace aproximadamente 2.6 Ma (García-Palomo et al., 2002), sin embargo, el mejor registro de la actividad eruptiva se tiene a partir del Pleistoceno Tardío. Durante los últimos 40 mil años la actividad eruptiva ha sido prevalentemente de tipo explosivo alternada a etapas de crecimiento de domos somitales de lava y colapso posterior con el emplazamiento de avalanchas de escombros y corrientes piroclásticas de densidad. En particular las erupciones de mayor magnitud fueron de tipo pliniano y dieron origen a los depósitos Pómez Toluca Inferior de hace 21.7 mil años (Capra et al., 2006), la Pómez Toluca Intermedia hace 12.5 mil años (Arce et al., 2005) y la Pómez Toluca Superior hace 10.5 mil años (Arce et al., 2003). En el presente trabajo se realizó la reconstrucción de una erupción de tipo pliniana ocurrida entre 39,000 a 37,000 años A.P., la cual dio origen al depósito de la Pómez Ocre que aflora en el sector noreste del volcán Nevado de Toluca y reconocida por primera vez por Macías et al., (1997). Con base en secciones estratigráficas se definió la distribución areal y las características de la secuencia eruptiva asociada a la erupción de la Pómez Ocre. Aunque los afloramientos son muy escasos, se construyeron mapas de isopacas e isopletras para el cálculo de los parámetros eruptivos del evento, entre los que se destacan la magnitud (masa total expulsada), altura de la columna eruptiva y el volumen total expulsado. Por último se presentan los resultados a través de simulaciones numéricas de la columna eruptiva con el código HAZMAP, el cual resuelve la ecuación de advección-difusión-sedimentación para determinar la acumulación de ceniza en el terreno, y la obtención de un mapa de isomasas (expresado en kg/m²). A través de simulaciones bajo condiciones de vientos diferentes según la temporada del año, se presenta un mapa de peligro del área de posible afectación ante la ocurrencia de un evento de la magnitud similar al que dio origen a la Pómez Ocre. Palabras clave: Nevado de Toluca, peligro, erupción pliniana, simulaciones numéricas, HAZMAP

VUL-33 CARTEL

ESTUDIO DE PROCESOS EROSIVOS POR LAHARES POST- ERUPTIVOS: BARRANCA MONTEGRANDE, VOLCÁN DE COLIMA 2015-2017

Bravo Carvajal Ixtlitzin Yaocihuatl¹, Capra Lucia², Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Coviello Vello⁴, Hernández Víctor Manuel⁵ y Arámbula Mendoza Raúl⁶

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM.

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴Free University of Bozen- Bolzano, Italy

⁵INICIT, UMSNH, Morelia México.

⁶CUEIV, Universidad de Colima, Colima, México
bleufonce.itzy@gmail.com

El volcán de Colima es uno de los volcanes más activos de México, ubicado en la parte occidental del cinturón volcánico trans-mexicano. Durante su historia eruptiva, ha presentado un amplio espectro de estilos eruptivos desde actividad vulcaniana, con la destrucción de domos somitales, hasta erupciones plinianas. La recurrente actividad explosiva ha generado grandes volúmenes de material en las barrancas principales propiciando la formación de lahares durante la temporada de lluvias. La erupción ocurrida los días 10 y 11 de julio del 2015 generó flujos piroclásticos que se emplazaron a lo largo de la barranca Montegrande, en el sector sur del volcán, hasta una distancia de 10.5 km. Los depósitos asociados no solamente rellenaron el canal sino también desbordaron, cubriendo con más de 4 m de depósitos a las terrazas laterales, provocando un cambio morfológico drástico en uno de los canales más activos en cuanto a la generación de lahares, durante la temporada de lluvia. A partir de la erupción se realizaron monitoreos morfológicos en diferentes sectores de la barranca para estudiar la evolución morfológica del canal, su recuperación, y los mecanismos que en mayor medida controlan los procesos erosivos. En particular, particular, se realizó el análisis de precipitación de los años 2015 2016 y 2017, se compiló un catálogo de lahares con base en la señal sísmica registrada por una estación de banda ancha de la Red Sismológica de la Universidad de Colima (RESCO) localizada a menos de 100 m del canal con apoyo de las imágenes capturadas por la cámara instalada en la estación de monitoreo (704 x 480 px resolución). A su vez, se cuantificaron los cambios morfológicos con la realización de perfiles topográficos y procesamiento de Modelos Digitales de Elevaciones a diferente resoluciones, obtenidos a partir de análisis de imágenes SPOT 2014-2015 (antes y después de la erupción), datos de Lidar Terrestre adquiridos en agosto y noviembre del 2015, 4 campañas de vuelos con dron en 2016 y 2017 (antes y después de cada temporada de lluvia), para determinar los cambios espacio- temporales de la morfología del canal y su relación con los eventos de lluvia estudiados y la ocurrencia de lahares. Debido a que estos fenómenos son muy destructivos; es importante conocer su dinámica para poder mejorar las estrategias de prevención ya que muchas veces, los habitantes de las zonas en riesgo no son conscientes del peligro en el que se encuentran. Este trabajo junto con otros que se han elaborado, puede contribuir en la elaboración futura de un sistema de alerta temprana con la finalidad de reducir el riesgo.

Sesión especial

GEOTERMIA NO ASOCIADA A MAGMATISMO CUATERNARIO

Organizadores:

Luca Ferrari

Gilles Levresse

Antonio Hernández Espriú

SE01-1

GEOTERMIA NO ASOCIADA A FUENTES MAGMÁTICAS DEL CUATERNARIO EN MÉXICO

Ferrari Luca
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
luca@unam.mx

Más del 50% de la generación geotermoelectrónica en México procede del campo gigante, y geológicamente único, de Cerro Prieto, asociado a la intrusión de magma a lo largo de un límite de placa divergente oblicuo. El resto procede de campos convencionales donde la fuente de calor está constituida por cámaras magmáticas del Pleistoceno-Holoceno (calderas o complejo de domos silíceos). Sin embargo, el mapa geotérmico de Norteamérica revela que en México existe un alto flujo de calor superficial (>80 mW/m²) no solo en las regiones de volcanismo Cuaternario. Asimismo, existen muchas manifestaciones termales en zonas donde no ha habido volcanismo silíceo desde el Mioceno temprano, como en la Sierra Madre Occidental, o desde el Mioceno tardío, como en la parte norte de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). Existen dos tipos de procesos para explicar el termalismo de estas regiones. El primero es el decaimiento de isótopos radioactivos (U, Th, K) presentes de forma natural y particularmente abundantes en granitos e ignimbritas producto de anatexis, cuando estos están cubiertos por capas de sedimentos con baja conductividad térmica. Esta situación geológica se presenta en las cuencas extensionales de la parte sur-oriental de la Sierra Madre Occidental (graben de Juchipila, Tlaltenango, Mezquital, Santiago Papasquiaro), donde existen numerosos manantiales termales con temperaturas de entre 35° y 74°C. En particular el graben de Juchipila ha sido estudiado de manera detallada en el marco del proyecto PAPIIT IV100117 y los resultados que se presentan en esta sesión indican la presencia de un acuífero termal de baja entalpía en contacto con las rocas silíceas cuyos fluidos no tienen componente magmática. El segundo tipo de fuente de calor no asociada a magmatismo del Cuaternario es de carácter regional, asociado a una anomalía térmica en la corteza inferior en la parte trasera de la FVTM centro-oriental. En esta región existe un conjunto de manantiales calientes (38° a 97°C) en una franja de orientación casi E-O (Celaya, Apaseo, San Bartolomé de los Banos, Tequisquiapan, Pathe-Yeshito, entre otras), una zona donde el último evento volcánico silíceo es del final del Mioceno (6-5 Ma) y que se ubica a 90-110 km al norte del frente volcánico activo. Estudios geofísicos a escala litosférica (MT y atenuación sísmica) muestran que toda esta parte de la FVTM es subyacente por una capa de baja resistividad y alta atenuación sísmica en la corteza inferior, que solo se puede interpretar como una zona de incipiente fusión parcial producto del rollback de la placa de Cocos subducida, que pone la astenósfera en contacto con la base de la corteza. De esta fuente profunda el calor es llevado en superficie por convección de fluidos que circulan por los sistemas de fallas corticales Taxco-San Miguel de Allende y paralelas (NNO-SSE) y Zacapu-Pathé (WSW-ENE) que se cruzan en correspondencia de las manifestaciones termales. Los resultados de los estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos en Celaya y Apaseo que se presentan en esta sesión indican un recurso potencial de alta entalpía.

SE01-2

GEOLOGÍA DEL GRABEN DE JUCHIPILA (ZAC., JAL., AGS.) E IMPLICACIONES PARA SU SISTEMA HIDROTHERMAL

Ferrari Luca¹, Loza Aguirre Isidro², Martínez Reséndiz Emma Vanesa³, Beltrán Martínez Beatriz Coral⁴, Cadena Larriva Michelle⁵ y Orozco Esquivel María Teresa¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Centro de Geociencias

²Universidad de Guanajuato

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, Centro de Geociencias

⁴Universidad Autónoma de Guerrero

luca@unam.mx

El graben de Juchipila es parte de un conjunto de estructuras extensionales de dirección general NNE a NNW de la parte suroccidental de la Sierra Madre Occidental que se formaron en la etapa inicial de la extensión litosférica que desembocó en la formación del Golfo de California. En el marco del proyecto PAPIIT IV100117 se estudio de manera detallada la geología de esta estructura para contribuir a la elaboración de un modelo conceptual acerca del sistema hidrotermal presente en la región. El trabajo de campo se complementó con la obtención de 18 nuevas edades U-Pb y 6 edades Ar-Ar, así como mediciones de composición in situ por medio de analizador portátil Bruker Tracer II. El graben es una estructura de 140 km de largo con una dirección general N20°E que se bifurca en su parte norte donde se separa el brazo de Tabasco, con dirección casi N-S, del brazo de Calvillo. La estructura del graben es marcadamente asimétrica, dominada por un sistema de fallas mayor en el flanco oriental que provoca un basculamiento principalmente al ESE. La parte más antigua de la secuencia estratigráfica aflora en la parte norte del graben y está constituida por andesitas e ignimbritas de 48-47 Ma cubiertas por más de 300 m de areniscas rojas con intercalaciones de ignimbritas del Eoceno. Le siguen ignimbritas de 32-31 Ma de fuentes distales, una secuencia de ignimbritas de fuentes más cercanas fechadas en 29 Ma y domos riolíticos de ~28 Ma. Toda esta secuencia es afectada por las fallas principales del graben, que la hunden un mínimo de 1,000 m. La formación del graben empieza en el Oligoceno tardío con la efusión desde las fallas de borde de basaltos alcalino-sódicos de afinidad intraplaca fechados en 25.9 y 23.7 Ma. Una secuencia ignimbritica fechada en ~22.4 Ma que se encuentra al interior del graben también fue emitida por estas fallas. Los primeros sedimentos de

relleno del graben son conglomerados, areniscas y lutitas cuya cima tiene también una edad máxima de depósito de ~24 Ma. Para finales del Mioceno medio (13-12 Ma) la parte sur del graben fue rellenada por un gran volumen de basaltos andesíticos de afinidad subalcalina que obstruyeron completamente el drenaje, provocando la formación de un lago. Sedimentos lacustres se encuentran en la mitad sur del graben con edades de 6.9-5.5 Ma en su cima. Estos están ligeramente basculados y afectados por fallas menores, indicando una reactivación tectónica del Mioceno tardío. Al interior del graben existen por lo menos dos unidades que pueden constituir un acuífero granular (sedimentos del Mioceno temprano y del Mioceno medio) separados por una secuencia ignimbritica relativamente impermeable (ignimbrita intragaben). A su vez el acuífero superior está parcialmente sellado por depósitos lacustres. El acuífero más profundo tiene mayores temperaturas y conexión con el acuífero superior y manantiales termales a través de las fallas que han tenido reactivación en el Mioceno tardío.

SE01-3

PSEUDO-MODELO 3D DEL GRABEN DE JUCHIPILA, A PARTIR DE MEDICIONES GEOFÍSICAS (SEV Y MT)

Ávila Oscar¹, Corbo Fernando², Loza Aguirre Isidro³, Ferrari Luca⁴ y Levresse Gilles⁵

¹Posgrado, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

²CONACYT, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

³Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología

⁴Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

aliva.racso@gmail.com

Este trabajo presenta un pseudo-modelo 3D elaborado a partir de la inversión bidimensional de mediciones geofísicas (SEV y MT) en el Graben de Juchipila, Zac., Jal., Ags. El graben es parte de un conjunto de estructuras extensionales que afecta la parte Sur de la Sierra Madre Occidental que se formó durante la fase inicial del rift del Golfo de California. El graben posee una longitud aproximada de 140 km y su ancho promedio es de 25 km; presenta una orientación principal NNE—SSW, su geología está compuesta por rocas volcánicas y sedimentaria continental del Eoceno, Oligoceno y Mioceno (andesitas, areniscas, ignimbritas, riolitas, basaltos y sedimentos fluvio-lacustres). En dicho graben se adquirieron 61 sondeos MT y SEV, dispuestos en 5 perfiles, con el fin de interpretar su geometría y control estructural y para apoyar el modelado del sistema hidrotermal contenido en su interior. El modelo obtenido muestra una gran coherencia de las secciones de resistividad con el sistema de estructuras y fallas geológicas cartografiadas e interpretadas, identificando de buena forma la base y los límites del graben. Al NW del graben, se distingue claramente el contacto del relleno sedimentario con el basamento subyacente a profundidades que superan los 1,000 m de profundidad, con valores de resistividad superiores a los 300 ohm-m, siendo esta la zona más profunda del mismo. Para generar la inversión, a cada sondeo MT se le hizo un análisis del strike eléctrico, donde además de generar las inversiones 2D a dicho strike se calculó el determinante con el fin de distinguir y analizar sus diferencias. El algoritmo utilizado para la inversión 2D fue el de gradientes conjugados no lineales (NLG) (Rodi and Mackie, 2001). También, a cada perfil se le realizó un análisis del parámetro de regularización (#), el cual 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. Proyecto PAPIIT IV100117.

SE01-4

MODELO CONCEPTUAL DE FLUJO EN EL ACUÍFERO GEOTÉRMICO DE JUCHIPILA, NW DE MÉXICO, ASOCIADO A TECTONISMO EXTENSIONAL

Hernández-Espriú Antonio¹, Arias-Paz Alberto¹, Paz-Pérez Alberto¹, Jiménez-González Alana² y Levresse Gilles²

¹Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

ahespriu@unam.mx

Presentamos el modelo conceptual de flujo subterráneo del acuífero geotérmico relacionado con el graben de Juchipila, Zacatecas, poco estudiado hasta el momento. Este sistema presenta niveles multiacuíferos de intercalaciones de sedimentos clásticos y rocas ignimbriticas que conforman al menos un acuífero somero y otro más profundo, semiconfinado. El termalismo, del orden de 37-55°C se asocia al decaimiento de elementos radiactivos presentes en las rocas volcánicas, que se manifiesta de manera discontinua a lo largo del graben, posiblemente condicionado al espesor y características granulométricas de sedimentos de baja conductividad térmica, que se intercalan con la ignimbrita intra-graben. El flujo subterráneo transita de norte a sur, siguiendo el eje dominante de la estructura tectónica principal. En general, los hombros del graben funcionan como fronteras de no-flujo, por lo que las isopezas con diferencias de potencial de 1620 a 1140 msnm, siguen una orientación preferencial E-W, perpendiculares a ambas fronteras. Los pozos extraen una mezcla de agua ambiente proveniente de los sedimentos y termal emplazada en las ignimbritas. En esta interfaz hidrogeológica, el nivel estático varía de 5 a ~120 m otorgando caudales específicos de 0.2 a ~2.5 l/s/m. Las firmas hidráulicas de las pruebas de bombeo se asocian a modelos semiconfinados con fronteras de no-flujo y transmisividades de ~15-120 m²/día. La caracterización

hidráulica a detalle se trata en un trabajo independiente. Aunque la ocurrencia espacio-temporal de la temperatura este acuífero geotérmico todavía no es muy clara, hemos detectado marcadas correlaciones entre manifestaciones termales y anomalías suaves de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH, asociado a una geoquímica más mineralizada, en facies sódico-bicarbonatadas, en contraste con facies cálcico-bicarbonatadas que caracterizan el sector frío del acuífero. Para entender mejor la interacción entre el flujo subterráneo, la geoquímica y el termalismo, realizaremos un modelado numérico de flujo y transporte, que permitirá fortalecer el modelo conceptual hidrogeológico del graben. Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre en Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE01-5

CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL ACUÍFERO TERMAL DEL GRABEN JALPA - JUCHIPILA (ZACATECAS) UTILIZANDO MÉTODOS CONVENCIONALES Y ANÁLISIS DERIVATIVOS

Arias-Paz Alberto¹, Hernández-Espriú Antonio² y Macías Medrano Sergio Enrique³

¹Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM

²Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

³Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería UNAM.
ariaspaz@unam.mx

Con la finalidad de estimar los parámetros hidráulicos del acuífero geotérmico relacionado con el graben Jalpa - Juchipila, se reinterpretaron 6 pruebas de bombeo de larga duración utilizando tres metodologías: métodos analíticos, métodos numéricos y análisis derivativo. Este acuífero se encuentra formado por rocas volcánicas ignimbríticas, que originaron el graben cuyo relleno está conformado por sedimentos clásticos lacustres y hasta conglomeráticos intercalados con ignimbríticas intragrabén. Los abatimientos registrados en los pozos de prueba van desde algunos centímetros, en los pozos perforados exclusivamente en el medio granular, y hasta 40 metros cuyos pozos están perforados en ambos medios, granular y fracturado. La duración de los ensayos fue de entre 12 y 17 horas. La profundidad promedio de perforación de los pozos probados es de 170 metros. Puntualmente, no se contó con información relacionada con cortes litológicos ni registros geofísicos que permitieran suponer el tipo de acuífero y así elegir el método, por lo que se calibró para las diferentes metodologías por autor, como Theis, Jacob, Neuman y Hantush para el abatimiento, así como el método de recuperación de Theis. El comportamiento después del análisis por estos métodos resultó un acuífero del tipo semiconfinado con transmisividades entre 17 y 114 m²/día para la etapa de abatimiento. Las transmisividades estimadas para la etapa de recuperación fueron similares e incluso ligeramente mayores en algunos pozos. Como complemento se utilizó una metodología alternativa para la estimación de parámetros hidráulicos basada en métodos numéricos; denominado Two – Zone Model que entre otras ventajas permite identificar la presencia de componentes verticales del flujo subterráneo y las variaciones laterales de las propiedades hidráulicas. Las transmisividades por esta metodología resultaron con valores del doble que de los métodos analíticos. Como innovación en la estimación de parámetros hidráulicos se utilizaron las curvas diagnósticas, ampliamente utilizadas en el medio petrolero debido a sus alcances en cuanto a que es posible interpretar más información a partir de dichas curvas. Aunque la curva derivativa muestra demasiado ruido debido a que exagera cada valor de abatimiento – tiempo, es posible suavizarla usando un algoritmo de diferenciación y resaltar la tendencia de los diferentes tramos de línea recta que se presenten. Los resultados con esta metodología permitieron observar el tiempo en el que la prueba entró en el tiempo de Darcy para así realizar un análisis especial de ese tramo si la pendiente de dicha línea es cero. También fue posible observar la cercanía de fronteras de no flujo alrededor del pozo de prueba asociadas a la presencia de ignimbríticas intragrabén. El tramo de acuífero probado fue de poco más de 150 metros y por las transmisividades reportadas, el sistema es de muy baja conductividad (0.12 y 1.5 m/día). Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre en Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE01-6

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL SISTEMA HIDROTÉRMICO DE BAJA TEMPERATURA ASOCIADO AL GRABEN DE JUCHIPILA, ZACATECAS

Billarent-Cedillo Andrea, Levresse Gilles,
Hernández-Pérez Eliseo y Muñoz Torres María Carolina
Centro de Geociencias
andreabillarent@ciencias.unam.mx

El estudio hidrogeoquímico se llevó a cabo en el graben de Juchipila localizado en la parte suroeste de la Sierra Madre Occidental. En esta zona el hidrotermalismo se manifiesta a través de manantiales con temperaturas que llegan hasta los 60°C. Los hombros del graben constan de un serie volcano-sedimentaria Oligoceno-Mioceno, mientras que el valle se compone de arenisca, conglomerado, caliza y lutita. En este trabajo se presentan los resultados hidrogeológicos de 50 muestras de pozos de abastecimiento público urbano y agrícolas, así como de norias y manantiales recolectados a lo largo del valle de Juchipila. A partir de las

propiedades fisicoquímicas se pudieron distinguir dos grupos principales de aguas: (1) cálcico-bicarbonatadas y (2) sódico-bicarbonatadas. El primer grupo tiene temperaturas en un intervalo de 25-32°C y se caracteriza por su alta concentración en NO₃⁻. Estas muestras se colectaron en norias y pozos, la mayoría localizados en la zona del valle que corresponde a un acuífero somero de tipo granular. El segundo grupo tiene temperaturas en un intervalo de 28-58°C y se caracteriza por su alta concentración en Li, F y As. La mayoría de estas muestras se colectaron en manantiales y pozos localizados en la cercanía a los hombros del graben o cerca de fallas en el interior del valle, por lo que corresponden a un acuífero fracturado a mayor profundidad en rocas volcánicas. Existe varias muestras de aguas que corresponde a una mezcla entre los primeros dos. En el diagrama de clasificación de las aguas termales (Cl – SO₄ – HCO₃), las aguas cálcico-bicarbonatadas y la mayoría de la sódico-bicarbonatadas se clasifican como aguas periféricas (ricas en HCO₃), tres de las muestras sódico-bicarbonatadas caen en el campo de aguas calentadas por vapor (ricas en SO₄). Las relaciones entre los elementos conservativos Cl, Li y B muestran patrones que corresponden a una mezcla de aguas entre las ambos grupos de muestras. En el diagrama ternario Cl – Li – B las familias cálcico-bicarbonatadas y sódico-bicarbonatadas muestran patrones claramente distintos, lo que comprueba la coexistencia de dos familias de aguas en un acuífero compartimentado. Según el diagrama ternario Na - K - Mg las aguas cálcico-bicarbonatadas son todas inmaduras, mientras que algunas de las aguas sódico-bicarbonatadas se encuentran en el campo de aguas parcialmente equilibradas con temperaturas inferiores a los 120°C. En estas muestras se aplicaron los geotermómetros de sílice y de Na-K-Ca con los cuales se obtuvieron temperaturas en un intervalo de 40-90°C y de 50-90°C respectivamente. Estas temperaturas de equilibrio químico son comparables al rango de temperaturas medidas en superficie (28-58°C). Los valores de d_{2H} y d_{18O} se distribuyen a lo largo de una sola línea de evaporación que intercepta la LMG en (-11,-80). Las aguas sódico-bicarbonatadas se encuentran más cercanas a la LMG, mientras que las aguas cálcico-bicarbonatadas que corresponden al acuífero somero se encuentran más alejadas evidenciando un mayor grado de evaporación. Estudio financiado por el proyecto PAPIIT 100117.

SE01-7

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE LOS FLUIDOS GEOTERMALES EN EL ÁREA DE LOS GEYSERS, NORTE DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANS-MEXICANA: IMPLICACIONES SOBRE SU ORIGEN Y TEMPERATURA DEL RESERVORIO

González Guzmán Renéé, Inguaggiato Claudio,
Peiffer Loic, Weber Bodo y Kretzschmar Thomas
CICESE
rguzman@cicese.mx

Este estudio se enfoca en la caracterización de las manifestaciones geotermales en Los Geysers. Esta zona se le conoce también como aguas termales de Apaseo, Caleras de Ameche, o La Pitaya. Se ubica a solo 10 km al oeste de Querétaro, en el Norte de la Faja Volcánica Transmexicana. Para el estudio se colectaron veinticuatro muestras de agua con temperaturas que oscilan entre 48 y 97 °C y seis gases burbujeantes. Todas las aguas se pueden clasificar como de tipo neutro a ligeramente alcalino (pH = 6.82-9.33) Na-HCO₃-Cl. Los valores de Delta (δ) de oxígeno e hidrógeno sugieren un origen meteórico. Además, son isotópicamente más pesados que las líneas meteóricas (-9.98 a -8.04 ‰ para #80 y de -75.61 a -69.67 ‰ para #D), explicado por un fraccionamiento cinético producido por una pérdida de vapor. Los contenidos altos de algunos elementos menores en las aguas termales, como F, B, Li, Rb y Cs, probablemente se derivan de una mayor interacción agua-roca en las profundidades. La disolución de calizas Cretácicas en profundidad parece ser el principal proceso de liberación de estroncio que lleva las relaciones 87Sr/86Sr de 0.706642-0.706979 para las aguas termales. La temperatura del yacimiento basada en el geotermómetro Na-K produce un promedio de 163 °C. Además mediante modelos termodinámicos se determina que las aguas se equilibran con carbonatos y minerales de sílice a 155 ± 15 °C. Este intervalo es la temperatura del yacimiento más confiable, que es similar a la calculada a partir de los geotermómetros empíricos. El modelo hidrogeoquímico comprende roca reservorio, agua meteórica, gas con afinidad mantélica y gradiente térmico. Los fluidos suben a la superficie a lo largo de las discontinuidades relacionadas con los sistemas tectónicos regionales.

SE01-8

GEOLOGÍA DE SUBSUELO DE LA PARTE ORIENTAL DE LA CUENCA DEL BAJÍO EN EL ÁREA GEOTÉRMICA DE CELAYA, GUANAJUATO: RESULTADOS DEL POZO EXPLORATORIO CEL 01

Silva Fragoso Argelia¹ y Ferrari Luca²
¹Energías Alternas Estudios y Servicios S.A. de C.V.
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
argelia_sf@hotmail.com

El área geotérmica de Celaya se localiza en la terminación oriental de la Cuenca del Bajío, una depresión tectónica ubicada en el límite entre la Sierra Madre Occidental

(SMO) y la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Al este de la zona urbana de Celaya se localiza una serie de manifestaciones termales de hasta 95°C que forman parte de una franja de orientación E-W en el límite norte de la FVTM. La ausencia de volcanismo Cuaternario en el área sugiere que la fuente de calor está asociada a la presencia de una zona de fusión parcial en la corteza inferior por debajo de la FVTM, donde fluidos calientes ascienden a través de sistemas de fallas regionales (Taxco San Miguel de Allende y Zacapú-Pathé) que se intersectan en la región de estudio. En junio de 2016 la Secretaría de Energía otorgó un permiso de exploración para recursos geotérmicos en el área de Celaya a Energías Alternas Estudios y Servicios S.A. de C.V. Después de una campaña de estudios geológicos y geofísicos de superficie se llevó a cabo la perforación de un pozo exploratorio, que permitió conocer la estratigrafía del subsuelo y correlacionarla con la geología de superficie como se describe a continuación desde la base hasta la superficie. El basamento Mesozoico, localizado a 1250 m de profundidad, consiste en una secuencia de filitas con intercalaciones de areniscas que se correlacionan con la cima de la Fm. La Esperanza del Cretácico temprano, perteneciente al Terreno Guerrero. Sobreyaciendo el basamento se encuentran ~350 m de ignimbritas, que se fecharon en 21.1 Ma, pudiéndose correlacionar las de la SMO expuestas en la parte oriental de la Sierra de Guanajuato. Después de una secuencia de sedimentos volcánicos epiclasticos se encuentra un paquete de ~450 m de lavas andesíticas y dacíticas que, por su petrografía y edad (12 Ma), pueden correlacionarse con las de los estratovolcanes Palo Huérano y La Joya, ubicados al noreste de Celaya. Separadas por mas sedimentos epiclasticos se encuentran delgadas coladas de basaltos microporfidicos, cuyas características petrográficas sugieren una correlación con el volcanismo máfico fisural que dio origen a la sucesión volcánica de Quere#taro fechada entre 8.5 y 7.5 Ma. Le sigue una serie de lavas riolíticas fechadas entre 6.8 y 5.6 Ma que se correlacionan con el conjunto de domos riolíticos que afloran justo al SE de Celaya con edades de 6.1 a 6.7 Ma. Sobreyaciendo se encuentra un paquete de ~100 m de coladas basálticas que pueden corresponder al volcanismo del Plioceno tardío del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato. La unidad más somera es un paquete de ~250 m de espesor compuesto por conglomerados, areniscas, limos y arcillas con escasas intercalaciones de coladas de basaltos que representa el relleno de la Cuenca del Bajío. Evidencias de fallamiento se encuentran hasta las rocas del Plioceno temprano. Las unidades que presentan mayor alteración hidrotermal son las que presentan mayor permeabilidad primaria (sedimentos epiclasticos fluviales y aluviales) o por fracturamiento y fallamiento.

SE01-9 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DIGITAL Y BASE DE DATOS GEOCRONOLÓGICOS, GEOQUÍMICOS Y GEOTÉRMICOS DE LA PARTE SURORIENTAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Ferrari Luca, Castillo Reynoso Juan Carlos y Orozco Esquivel María Teresa
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
luca@unam.mx

Presentamos el primer mapa geológico digital interactivo de la parte suroriental de la Sierra Madre Occidental, que incluye parte de los estados de Jalisco, Zacatecas, Aguascalientes y Durango. El documento forma parte de los productos del proyecto PAPIIT IV100117 que tiene el propósito de estudiar el termalismo de esta región. La geología ha sido compilada en ArcGIS a través de una interpretación de toda la información disponible en la literatura e integrada con nuestra propia cartografía geológica. Los mapas publicados fueron georeferenciados y hasta donde posible se corrigió la ubicación de los rasgos con una clara expresión morfológica utilizando modelos de elevación digital e imágenes disponibles en Google Earth. El mapa incluye 16 unidades geológicas y las principales estructuras tectónicas. Las unidades geológicas informales utilizadas son cronoestratigráficas y litológicas y están diseñadas para destacar los principales episodios magmáticos que conforman la región. La asignación de la edad para cada unidad ha sido cotejada con una base de datos geocronológicos que incluye 304 edades. La clasificación litológica de cada polígono ha sido comparada por consistencia con una base de datos geoquímicos recopilados de la literatura que incluye 313 muestras. Finalmente, se ha agregado una capa de información con las manifestaciones termales de la región y su temperatura. El documento estará disponible próximamente en Terra Digitalis.

SE01-10 CARTEL

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA PARTE SUR DEL GRABEN DE JUCHIPILA

Martínez Reséndiz Emma Vanesa¹, Ferrari Luca² y Loza Aguirre Isidro³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
emma.vanesa@ciencias.unam.mx

En el marco del proyecto PAPIIT IV100117 se ha llevado a cabo un estudio geológico de la parte sur del graben de Juchipila, ubicado en la parte sur-oriental de la Sierra Madre Occidental. El graben esta constituido por sistemas de fallas extensionales de dirección NNE-SSO formados en la etapa inicial de extensión litosférica que llevó a la apertura de Golfo de California. El trabajo de campo, apoyado por estudio de petrografía y geocronología U-Pb permitió identificar las siguientes unidades en orden estratigráfico: (1) Lavas andesíticas del Eoceno (~48 Ma) que se caracterizan

por la presencia de megacristales de plagioclasa (0.5 a 1 cm de largo). (2) Secuencia de capas masivas de areniscas siliciclasticas que aflora en la zona NO y SE del área de estudio con espesores de ~300 m y que arrojaron edades máxima de deposición de 33.4 y 32.5 Ma así como poblaciones de circones del Cretácico tardío y Paleoceno. (3) Ignimbritas de fuentes distales. Flujos de ceniza con alto contenido en cristales, fuertemente soldadas que arrojaron edades de 32.1 a 30.3 Ma. (4) Ignimbritas de fuentes proximales. Secuencia de caída estratificada rica en pomez y líticos tamaño ceniza a lapilli seguida por una ignimbrita fuertemente soldada, con pómez colapsada y litofisis, definidas en trabajos anteriores como "San Miguel Tuff" y "Boquillas Tuff" respectivamente. Estas unidades arrojaron edades en el rango 29.8-29.6 Ma, mas antiguas de las edades por trazas de fisión en circón reportadas en literatura. (5) Lavas de basaltos alcalino-sódicos de tipo intraplaca en coladas delgadas emitidas por las fallas de borde del graben, para las cuales se obtuvo una edad Ar-Ar de 25.9 Ma y existe una edad K-Ar de 23.7 Ma en literatura. (6) Ignimbritas intra-graben de fuente fisural local. Depósitos de flujos piroclásticos muy poco consolidados con alto contenido en líticos de tamaños variable desde ~2mm hasta 1m y pómez, cubiertos por un depósito de flujo de ceniza fina más consolidado con ausencia de líticos. La edad U-Pb está mal constreñida por la presencia de abundantes antecristales pero el conjunto de 6 cristales mas jóvenes arroja una media pesada de ~22.4 Ma, en este caso mas joven de la fecha reportada en literatura. (7) Basaltos afíricos subalcalinos. Se encuentran rellenando el sector sur del graben con edades Ar-Ar de 13-11 Ma). (8) Conglomerados y una capa de sedimentos lacustres (~7-5 Ma) que se formaron cuando el drenaje se vio interrumpido por la deposición de los basaltos descritos en (7). Mediciones geoquímicas con analizador portátil Bruker Tracer ii permitieron identificar diferencias importantes entre las ignimbritas de ~32-31 Ma y las de ~22.4 Ma (intra-graben). Las primeras muestran un enriquecimiento en K₂O y Rb, mientras que las segundas presentan mayores concentraciones de Sr. Por este medio se cuantificará también el contenido de U, Th, K para determinar unidades que pueden ser la fuente de calor del termalismo de la zona.

SE01-11 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DE LA PORCIÓN SEPTENTRIONAL DEL GRABEN DE JUCHIPILA, ESTADOS DE ZACATECAS Y AGUASCALIENTES

Beltrán Martínez Beatriz Coral¹, Loza Aguirre Isidro² y Ferrari Luca³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

²Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

³Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
magic_blue_08@hotmail.com

Este trabajo se desarrolla como parte del proyecto PAPIIT IV100117, que pretende evaluar el potencial de energía geotérmica no asociada a cámaras magmáticas recientes (Plio-Cuaternarias), en la parte sureste de la Sierra Madre Occidental. El graben de Juchipila está ubicado en la parte suroeste de la provincia silílica de la Sierra Madre Occidental, al sureste del Estado de Zacatecas, en los límites con el Estado de Aguascalientes y el Estado de Jalisco. Y se calcula que se formó entre 22 y 20 Ma, por un evento de deformación extensional de la Sierra Madre Occidental. Anteriormente se han realizado varios estudios en este graben, pero muy pocos relacionados con su estructura y evolución. Por lo tanto se elaboró un mapa Geológico-Estructural de la parte septentrional del graben, tomando como base los mapas geológico-estructurales regionales anteriormente elaborados por el INEGI y el SGM, y complementándolos y corrigiéndolos con algunos datos de investigaciones anteriores y la fotointerpretación, las observaciones en campo y los análisis geocronológicos y petrográficos realizados en este trabajo. Como resultado de las investigaciones se ha logrado detallar la columna estratigráfica de esta porción del graben, que consta de seis unidades de origen volcánico y tres depósitos clásticos continentales que aparecen intercalados con los depósitos piroclásticos a partir del Eoceno medio. Para detallar la temporalidad de la actividad volcánica, y de la deformación, fueron fechadas cuatro unidades volcánicas por el método de U-Pb en circón, que arrojaron edades de 47.50±0.38 Ma, 37.76±0.97 Ma, 31.55±0.28 Ma y 27.90±0.60 Ma, respectivamente. Como resultado del estudio estructural y geocronológico se pudo determinar que el graben se formó por lo menos en dos eventos extensionales: el más intenso durante el Oligoceno y uno de menor magnitud a finales del Mioceno. Dado que la relación La magnitud del desplazamiento estimado de las fallas, fue suficiente para permitir la acumulación en las partes hundidas del graben de por lo menos 300 m de sedimentos clásticos, volcánicos y lacustres, que cubren a los depósitos piroclásticos desplazados.

Sesión especial

MODELACIÓN DE PROCESOS ATMOSFÉRICOS: TEORÍA Y APLICACIONES

Organizadores:

Yuri Skiba

David Parra-Guevara

SE02-1 PLÁTICA INVITADA

A COMPARISON OF BOUNDARY LAYER PARAMETERIZATIONS OF INITIAL WIND FIELD USED TO CALCULATE TRAJECTORIES FOR TRANSPORT MODELS

Mendoza Flores Rocío y Núñez Peralta Marco Antonio
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, UAM-I
oicormt@gmail.com

Knowledge of trajectories of particles is necessary for studying the transport, diffusion and dispersion of substances in the atmosphere. For this, the estimation of a continuous wind field 3-D called initial field from wind data observed in meteorological stations is a problem for solving. In the literature the initial field is constructed in two steps. First, measured wind data are interpolated, obtaining an interpolated field with horizontal components at the height of the stations. Second, information of the interpolated field, is extrapolated to greater heights with a vertical profile. The extrapolation is done by means of a boundary layer parameterization such as the logarithmic and power laws, which are the most used in the literature. In this work we study some interpolation methods used to estimate the horizontal field and their extrapolation by means of the logarithmic and power profiles. A comparison of profiles, using analytical examples of stationary fields defined with characteristic values of atmospheric flows, shows that parametrizations yield fields with similar structures up to a height. However, the difference between the trajectories of lagrangian fluid particles, can be significant. The trajectories from a logarithmic profile can advance faster than the trajectories from a power law profile. This difference can introduce significant errors in atmospheric transport calculations. The difference the trajectories can be reduced by introducing mass-consistent models of wind field.

SE02-2

APPLICATION OF SPLITTING ALGORITHM FOR SOLVING ADVECTION-DIFFUSION EQUATION ON A SPHERE

Cruz Rodríguez Roberto Carlos y Skiba Iouri
Universidad Nacional Autónoma de México
roberto.cruz.rdg@gmail.com

An efficient numerical algorithm for the solution of advection-diffusion equation on a sphere is suggested. The velocity field is assumed to be known and non-divergent. The discretization of advection-diffusion equation in space is carried out with the help of the finite volume method, and the Gauss theorem is applied to each grid cell. For the discretization in time, the symmetrized double-cycle componentwise splitting method and the Crank-Nicolson scheme are used. The numerical scheme is of second order approximation in space and time, correctly describes the balance of mass of substance in the forced and dissipative discrete system, and is unconditionally stable [1]. In the absence of external forcing and dissipation, the total mass and L2-norm of solution of discrete system is conserved in time. The one-dimensional periodic problems arising at splitting in the longitudinal direction are solved with Sherman-Morrisons formula and Thomass algorithm. The one-dimensional problems arising at splitting in the latitudinal direction are solved by the bordering method that requires a prior determination of the solution at the poles. The resulting linear systems have tridiagonal matrices and are solved by Thomass algorithm. The suggested method is direct (non-iterative), fast and cheap to implement from a computational point of view. Parallel processors can be used in solving split equations. The new algorithm can be used for solving various problems of global transport of a passive substance (air pollutant, temperature, humidity, etc.) in the barotropic atmosphere and it can be the spherical part of a more general splitting algorithm developed for solving various three-dimensional advection-diffusion problems arising in meteorology, geophysics, plasma physics, chemical kinetics and ecology. The algorithm is tested with various advection-diffusion problems. The results show high accuracy and efficiency of the method. [1] Skiba Yu.N. (2015). A non-iterative implicit algorithm for the solution of advection-diffusion equation on a sphere. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 78 (5), 257-282. DOI: 10.1002/flid.4016.

SE02-3

UN MÉTODO DE RÁPIDA EVALUACIÓN PARA DEFINIR UN CONTROL DE EMISIONES DE CORTO PLAZO

Peña Maciel Daniel y Parra-Guevara David
Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México
deadbyken@yahoo.com.mx

En las últimas décadas se han propuesto diversas estrategias para el control de la contaminación del aire que se basan en modelos de optimización [1,2]. Dada la complejidad del problema de la contaminación atmosférica, los modelos de control se han desarrollado para resolver situaciones específicas, por lo que éstos consideran diferentes clases de metas ecológicas y económicas. En particular, los eventos de corto plazo, donde una débil dispersión en la atmósfera favorece la acumulación de los contaminantes hasta niveles peligrosos, merecen especial atención. Ante un pronóstico de este tipo de evento es necesario definir con prontitud las restricciones en las emisiones que pueden mantener las concentraciones de los contaminantes por debajo de las normas sanitarias respectivas [3]. En este

caso, el modelo de control que se utiliza para calcular la disminución de las emisiones debe evitar la solución repetitiva de un modelo de dispersión, ya que este proceso puede requerir un tiempo de cómputo considerable. En este trabajo se formula un modelo de control que permite calcular los coeficientes que han de regular las emisiones de las fuentes contaminantes. El objetivo es disminuir la concentración de un contaminante en todos los puntos de una región a fin de satisfacer la norma de la calidad del aire en cada instante dentro de un intervalo de tiempo. Para la formulación del método se utiliza un modelo lineal de dispersión de contaminantes en la atmósfera que está bien formulado, el cual considera fuentes de emisión puntuales, de línea o área. El método de control que se presenta requiere que el modelo de dispersión se resuelva sólo dos veces, cada ocasión con diferente forzamiento. Los coeficientes de control se determinan como el mínimo de un cociente de las soluciones correspondientes. La ventaja del método es su rapidez de evaluación, ya que los coeficientes de control se determinan con independencia del número de fuentes que se desea controlar. Al final de la plática se presentan algunos ejemplos sintéticos de control de emisiones. Referencias: 1. Cooper W. W., Hemphill H., Huang Z., Li S., Lelas V., Sullivan D. W. Survey of Mathematical Programming Models in Air Pollution Management. European Journal of Operational Research, 96(1), 1-35 (1996). 2. Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba and D. Peña-Maciel. Controlling the Forcing of the Linear Transport Equation to Meet Air Quality Norms at Every Point. International Journal of Applied Mathematics, 30(6), 527-545 (2017). 3. Flagan R. C., Seinfeld J. H. Fundamentals of Air Pollution Engineering, Prentice-Hall (1988).

SE02-4

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN UNA FUENTE PUNTUAL INSTANTÁNEA A TRAVÉS DE DATOS DE CONCENTRACIÓN

Parra-Guevara David
Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
pdavid@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se presenta un método para estimar los parámetros que caracterizan una fuente puntual desconocida a partir de series de tiempo de la concentración de sustancias contaminantes. Este importante problema inverso aparece en el estudio de la contaminación en el océano, la atmósfera y el agua subterránea [1,5-6]. La solución del problema es relevante para establecer el grado de responsabilidad entre los potenciales agentes involucrados en la contaminación regional, la estimación del impacto ambiental, así como la definición de acciones para proteger a la población asentada en las zonas contaminadas. Algunos ejemplos importantes de la estimación de parámetros incluyen la evaluación de la tasa de descarga de sustancias radioactivas en el océano [5], y la estimación de la intensidad y la ubicación de pruebas o accidentes nucleares con base en observaciones de sustancias radioactivas en la atmósfera [3-4]. En el análisis de este problema se considera un modelo de dispersión tridimensional y el correspondiente modelo adjunto. Se prueba que ambos modelos están bien formulados según Hadamard. Las funciones adjuntas, utilizadas como núcleos en ciertas ecuaciones integrales, son la base para establecer la relación explícita entre los parámetros que caracterizan la fuente puntual (tasa, sitio y tiempo de emisión) y los datos de la concentración del contaminante (series de tiempo) [2]. Para las fuentes puntuales cuya tasa de emisión es un impulso instantáneo (explosión), dichas ecuaciones integrales permiten construir funciones de localización cuyos ceros determinan parámetros tales como el sitio y el momento de la emisión. A partir de estos valores se obtiene directamente la tasa de emisión. Se muestra que este método es útil también cuando la tasa de emisión de la fuente desconocida es constante. Al final de la plática se presentan algunos ejemplos numéricos que ilustran el desempeño del método. Referencias: [1] Lushi, E., J. M. Stockie, An inverse Gaussian plume approach for estimating atmospheric pollutant emissions from multiple point sources, Atmospheric Environment, 44, 1097-1107 (2010). [2] Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba, A. Reyes-Romero, Existence and uniqueness of the regularized solution in the problem of recovery of the non-steady emission rate of a point source: Application of the adjoint method. In: Engineering Optimization IV, Rodrigues, H.C., et al. (eds.), Taylor and Francis, London, UK, 181-186 (2015). [3] Pudykiewicz, J. A., Application of adjoint tracer transport equations for evaluating source parameters, Atmospheric Environment: 32(17), 3039-3050 (1998). [4] Seibert P., A. Frank, H. Kromp-Kolb, Inverse modelling of atmospheric trace substances on the regional scale with Lagrangian models. Proceedings from the EUROTRAC-2 Symposium-2002, Margraf Verlag, Weikersheim: 1-6 (2002). [5] Sharma, L. K., A. K. Ghosh, R. N. Nair, M. Chopra, F. Sunny, V. D. Puranik, Inverse modeling for aquatic source and transport parameters identification and its application to Fukushima nuclear accident, Environ. Model. Assess., 19(3), 193-206 (2014). [6] Skaggs, T. H., Z. J. Kabala, Recovering the release history of a groundwater contaminant, Water Resources Research, 30(1), 71-79 (1994).

SE02-5

IMPACTO DE LA VARIABILIDAD NATURAL/CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA CANÍCULA EN EL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO

Morales-Acoltzi Tomás¹, Bernal-Morales Rogelio² y Velasco-Hernández María de los Ángeles³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología, Campus Tlaxco, UATx, México³Facultad de Ingeniería Química, BUAP, Ciudad Universitaria, Puebla, México
acoltzi@atmosfera.unam.mx

Con las proyecciones de la población al 2050 necesitaremos invariablemente un aumento en la producción de alimentos a nivel mundial, para cubrir los requerimientos de alimentación, por lo que se ejercerá más presión sobre los recursos naturales, especialmente el agua, aunado a que la precipitación no siempre está disponible, debido a la variabilidad que presenta -cantidad y distribución- por lo que será imprescindible un buen manejo del recurso hídrico que permita su aprovechamiento al máximo, para potencializar la agricultura de temporal. Evaluamos el posible impacto de la variabilidad natural/cambio climático en la canícula, en 12 estaciones climatológicas en el estado de Tlaxcala. Para identificar la canícula se utilizó un método objetivo y sistemático aplicando la descomposición de una función discreta en sus armónicos. Los resultados muestran que en el periodo más reciente, en 6 estaciones, la canícula se presenta más seca, mientras que en 5 de ellas la canícula es más húmeda. Este impacto diferenciado permitirá planificar las actividades agrícolas de temporal y se hará una mejor selección de cultivos -variedades- para cada una de las zonas.

SE02-6

MODELANDO SERIES DE TIEMPO EN GEOCIENCIAS CON INTERPOLACIÓN FRACTAL: EXPERIMENTOS NUMÉRICOS APLICANDO SISTEMAS DE FUNCIONES ITERADAS

Morales-Acoltzi Tomás¹, Cruz Shamara², Bernal-RomeroMarcos³ y Monroy-Martínez José Dolores⁴¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Posgrado Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM, CDMX³Posgrado en Matemáticas, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM⁴Posgrado Ciencias de la Tierra, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
acoltzi@atmosfera.unam.mx

El método de interpolación fractal, diferente del método de interpolación tradicional, es un método numérico en la geometría fractal que utiliza los conceptos de sistema de función iterada (IFS por sus siglas en inglés). Barnsley (1986) introdujo el concepto de IFS utilizando el operador de Hutchinson. A partir de entonces, la teoría de la interpolación fractal se ha convertido en una herramienta poderosa en varias ramas de las ciencias aplicadas y la ingeniería. Los IFS son muy eficientes para aproximar curvas sin filtrar. Los gráficos de los IFS también se pueden usar para aproximar los perfiles de muchos objetos naturales, como: cordilleras, nubes y los horizontes sobre los bosques, entre otros. Actualmente, esta técnica es ampliamente utilizada en simulación, modelado y gráficos por computadora. Las funciones de interpolación fractal han abierto un nuevo campo de investigación en la teoría de aproximación de funciones. En los últimos años, ha ganado una atención apreciable de los investigadores que trabajan en geociencias. El propósito de este estudio es analizar, en detalle, el método de identificación de parámetros para construir un IFS, considerando una dimensión de un conjunto de datos. Realizamos una comparación con los esquemas de interpolación actuales en función del grado de ajuste a los datos observados. Confirmando que la geometría fractal es de importancia primordial entre los principales desarrollos recientes en la modelación de procesos monitoreados lo que nos permitirá, además, caracterizarlos. Los experimentos numéricos que analizamos corresponden a Series de Tiempo en diferentes áreas de las Geociencias.

SE02-7

SOLUCIONES DÉBILES DE LA ECUACIÓN DE VORTICIDAD BAROTRÓPICA

Miranda Cordero Rafael

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
raf.mir.cor@ciencias.unam.mx

El movimiento de un fluido ideal incompresible sobre una esfera bidimensional en rotación es descrito por la ecuación de vorticidad barotrópica (EBV), la cual toma en cuenta tanto la dinámica del proceso como la interacción no lineal, la dispersión y la rotación de la esfera. Este modelo tiene importancia meteorológica pues describe la dinámica de los procesos atmosféricos a gran escala. Las soluciones de Thompson conforman el principal grupo de soluciones de la EBV, estas son infinitamente diferenciables por lo que resultan ser soluciones "fuertes" o "clásicas" de dicha ecuación. Las soluciones de Thompson incluyen a los flujos zonales estables y a las ondas de Rossby-Haurwitz que tienen gran relevancia en meteorología pues son la representación matemática de las ondas de Rossby u ondas planetarias las cuales se asocian a los sistemas de presión; que determinan en gran parte el clima local, y a los jet stream; rápidas y angostas corrientes de aire que fluyen

alrededor del planeta. Sin embargo, las soluciones de Thompson fallan en explicar los fenómenos de bloqueo; patrones a gran escala del campo de presión atmosférico que son casi estacionarios. Es en los intentos por explicar este fenómeno en donde residió primeramente el interés por soluciones de la EBV en forma de ondas solitarias (modons). Varias soluciones del tipo modon han sido introducidas por diversos investigadores; Stern, Larichev y Reznik, Verkley, Tribbia, Wu y Neven. Desde el punto de vista de la teoría matemática las soluciones de este tipo son interesantes pues no son infinitamente diferenciables o inclusive no son continuas, este conjunto de soluciones se dicen ser soluciones "débiles" de la EBV. La finalidad de esta ponencia es exponer brevemente la teoría matemática necesaria para entender el concepto de solución débil de una ecuación diferencial, la que en esencia comprende a los espacios de Hilbert-Sobolev, y en particular lo que se entiende por una solución débil de la EBV, así como la definición y construcción de una solución del tipo modon concluyendo con las aplicaciones de estas soluciones en meteorología. Referencias: [1] T.N. Krishnamurti, H.S. Bedi, and V.M. Hardiker. An Introduction to Global Spectral Modeling. Oxford University Press, New York USA, 1998. [2] Kundu Pijush K., Cohen Ira M. Fluid Mechanics Fourth Edition. Elsevier Inc., 2008. [3] McWilliams, James C. Fundamentals of Geophysical Fluid. Cambridge University Press, 2006. [4] Skiba Yuri N. Mathematical Problems of the Dynamics of Incompressible Fluid on a Rotating Sphere. Springer International Publishing, 2017.

SE02-8

PRESENTATION OF THE NEW BOOK BY YURI N. SKIBA "MATHEMATICAL PROBLEMS OF THE DYNAMICS OF INCOMPRESSIBLE FLUID ON A ROTATING SPHERE", SPRINGER, 2017

Skiba Iouri

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
skiba@unam.mx

CONTENTS: Chapter 1. Introduction Chapter 2. Spaces of Functions on a Sphere 2.1. Spherical Harmonics 2.2. Geographical Coordinates Maps 2.3. Orthogonal Projections on $H_{\{n\}}$ and Fractional Derivatives 2.4. Hilbert Spaces $H^s_{\{s\}}$ on a Sphere 2.5. Space $C(S)$ of Continuous Functions on a Sphere 2.6. Some Estimates in the Norms of $L^p_{\{p\}}(S)$ and $L^p_{\{p\}}(0,T;X)$ Chapter 3. Solvability of Vorticity Equation on a Sphere 3.1. Vortex Dynamics of Viscous Incompressible Fluid 3.2. Properties of Jacobian determinant 3.3. Unique Solvability of a Non-Stationary Problem 3.4. Solvability of a Stationary Vorticity Equation 3.5. Asymptotic Behavior of Solutions 3.6. Global Asymptotic Stability of Barotropic Flows 3.7. Dimension of Vorticity Equation Attractor Chapter 4. Dynamics of Ideal Fluid on a Sphere 4.1. Conservation Laws 4.2. Triad Interaction Coefficients 4.3. Recurrence Formula for $K_{\{j\}}$ 4.4. Solvability of Vorticity Equation for Ideal Fluid 4.5. Infinitely Differentiable Wave Solutions of Vorticity Equation 4.6. Modons on a Sphere 4.7. Distance Between Solutions 4.8. Euler Angles Chapter 5. Stability of Rossby-Haurwitz (RH) Waves 5.1. Conservation Laws for Arbitrary Perturbations to RH Wave 5.2. Invariant Sets, Quotient Space and Norm of Perturbations 5.3. A Hyperbolic Law for Perturbations from $M_{\#\#}$ and $M_{\#\#}$ 5.4. Geometric Interpretation of Variations in the Perturbation Energy 5.5. Liapunov Instability of Non-Zonal RH Wave 5.6. Exponential Instability of RH Wave 5.7. Normal Mode Instability of zonal RH waves and LP Flows Chapter 6. Stability of Modons and Wu-Verkley waves 6.1. Steady Wu-Verkley Waves and Modons 6.2. Conservation Law for Disturbances of WV Wave and Modon 6.3. Conditions for Exponential Instability of WV Waves and Modons 6.4. Bounds of Growth Rate and Orthogonality of Unstable Modes 6.5. Dipole Modons Moving Along the Same Latitudinal Circle 6.6. Liapunov Instability of Dipole Modons Chapter 7. Linear and Nonlinear Stability of flows 7.1. Shear Flow Stability 7.2. Linear Stability of Zonal Flows 7.3. Nonlinear Stability 7.4. Instantaneous Evolution of Kinetic Energy of Perturbations 7.5. The first mechanism of generation of the energy of perturbation near a zonal jet 7.6. Generalized Eliassen-Palm flux and the eigenvalue problem method 7.7. Numerical Example: Analysis of Climatic January Circulation Chapter 8. Numerical Study of Linear Stability 8.1. Method of Normal Modes 8.2. Spectrum of Linearized Operator for Viscous Fluid 8.3. One Estimate in Terms of the Graph Norm of Operator 8.4. Spectral Approximation 8.5. Rate of Convergence Estimates 8.6. Spectrum of Linearized Operator for Ideal Fluid 8.7. Stability Matrix in the Basis of Spherical Harmonics 8.8. Stationary States Having Block Diagonal Structure of Stability Matrix 8.9. Stability Matrix of a Legendre-Polynomial Flow

SE02-9 CARTEL

UNA METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL Y DE VALOR EXTREMO POR INFERENCIA BAYESIANA Y MEZCLADO ESTOCÁSTICO DE GAUSSIANNAS A DATOS DE CONCENTRACIÓN MÁXIMAS DIARIAS DE OZONO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Zenteno Jiménez José Roberto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
zenteno20jr@hotmail.com

La metodología propuesta consiste en ajustar la función de distribución normal a los datos de serie de tiempo de datos máximos diarios de concentración de ozono del 2010 – 2017, para dar una pronóstico de concentración, posteriormente

usamos la Inferencia Bayesiana para datos normales, donde queremos conocer la media nueva calculada para determinar una nueva función de distribución de probabilidad bayesiana normal para datos de máximas concentraciones mayores a 150 ppb de ozono. Para validar el modelo usamos los siguientes estimadores estadísticos, medición de la raíz del error cuadrático, coeficiente de determinación y aproximación de predicción. Posteriormente ajustamos una función de distribución de valor extremo a la misma serie de tiempo de datos máximos diarios de concentración y hacemos una comparación de ajuste, de ahí se propone dos nuevas funciones de distribución basadas en la teoría de las propiedades de suma de funciones de distribución normal y agregando ruido aleatorio de una misma función de distribución de valor extremo. Usando las nuevas medias y varianzas de las nuevas funciones de distribución extrema generamos dos nuevas funciones de distribución normal una mínima y una máxima, así obtenemos un nuevo pronóstico de concentración para datos mayores a 150 ppb. Así ya teniendo las tres funciones de distribución de probabilidad normal, la ajustada primeramente y las dos nuevas funciones de distribución normal introducimos el método de mezcla estocástica de gaussianas para dar una nueva función de distribución de probabilidad normal general. También usamos las sumas de las tres funciones de distribución de probabilidad normal para determinar un comportamiento o tendencia de las máximas de concentraciones de ozono para la ciudad de México

en la Ciudad de Puebla. b) Obtener mapas de isóneas representativos de la dispersión de CO y sus intersecciones con los valores de T y UVA. c) Efectuar una comparación temporal de la relación CO, T y UVA. Se analizaron y validaron los datos de 4 estaciones de la Red de monitoreo ambiental en la Ciudad de Puebla correspondientes a 5 años, seleccionándose dos días y hora representativos para el verano y el invierno. Se obtuvieron 10 mapas de isóneas de valores de concentración de CO, T y UVA, mediante la modelación geoestadística Kriging Ordinario. Se elaboró una base de datos georreferenciados con los valores de CO, T y UVA obtenidos de las intersecciones de las isóneas correspondientes. Se desarrolló un modelo estadístico de regresión lineal múltiple, con la concentración de CO como variable dependiente, T y UVA variables independientes, suponiéndose que la variable aleatoria tiene una normalidad compuesta por una media (0) y una varianza. Finalmente se efectuó el análisis de varianza para determinar la confiabilidad del estudio. Los resultados de la regresión lineal múltiple dieron un R^2 de 0.9908, demostrando que la relación entre T, UVA y concentración de CO es real y que estos dos factores inciden directamente en el fenómeno analizado, lo cual es corroborado por el análisis de varianza, ya que nuestro valor crítico de F es casi 0.

SE02-10 CARTEL

NUMERICAL ANALYSIS OF COHERENT STRUCTURES IN NONLINEAR DIFFUSION-DOMINATED FLOWS

Filatov Denis
Sceptica Scientific Ltd, UK
denis.filatov@sceptica.co.uk

Abstract. We develop a numerical model for the simulation of nonlinear fluid flows under low-to-moderate velocity regimes and investigate the evolution of self-organised spatial turbulent patterns appearing due to nonlinear interactions between the driving mechanisms of external forcing and dissipation being present in the medium. With this aim we start from considering a doubly nonlinear diffusive wave approximation to shallow water equations (DSW) and formulating a boundary value problem (BVP) with the nonlinear diffusion coefficient that depends on the solution itself, the solution's gradient and the bottom's topography. Then we involve the concept of operator splitting both in time and in space and construct a family of balanced, geometrically tolerant, non-iterative finite difference schemes. The splitting yields an essential simplification of the resulting discretised subproblems due to a band structure of the matrices appearing in the numerical solution, which allows reducing the computing resources required and benefits in straightforward parallel implementation for speeding up the computations. We analyse the solution to the split discrete BVP for convergence to the solution to the original boundary value problem. Afterwards we study coherent structures appearing as self-organised patterns in the turbulent flow under diverse external conditions. In doing so, we investigate various regimes of the structures' evolution depending on the model's parameters, including their stability with respect to external actions, determine bifurcation points and establish the connection between the patterns appearing in the most general case and those occurring in the partial cases of neglected topography and the solution's gradient in the diffusion coefficient. **Keywords:** Turbulent fluid flows, coherent structures, bifurcation, self-organisation, shallow water equations, doubly nonlinear diffusion equations, computational fluid dynamics, numerical simulation.

SE02-11 CARTEL

RELACIÓN DE TEMPERATURA DEL AIRE Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA-A CON LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN EL DESARROLLO DE MODELOS AMBIENTALES DE CALIDAD DEL AIRE

Cortez Huerta Mauro, Valera Pérez Miguel Ángel, Torres Trejo Edgardo y Linares Fleites Gladys
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
maurocortezhuerta@gmail.com

Los modelos matemáticos de la calidad del aire son una herramienta de gran utilidad en la planeación y gestión de la política ambiental, pues permiten predecir los cambios en las concentraciones ambientales de distintas especies químicas a lo largo del tiempo, como resultado de cambios en los patrones de emisión y dispersión. Como consecuencia de ello ofrecen la posibilidad de evaluar la efectividad de diferentes medidas de control de emisiones antes de su aplicación y constituyen un paso metodológico intermedio en la evaluación de los efectos a la salud. En este trabajo empleamos modelos estocásticos para analizar la concentración de monóxido de carbono (CO) y su relación con dos de los factores que influyen sobre su dispersión (temperatura del aire T) y (radiación ultravioleta-A UVA). Se escogió al CO por ser un contaminante primario que se encuentra en el humo expulsado por automóviles (fuentes de emisión más importantes representado el 65.6%), debido a la combustión incompleta de la gasolina. El CO es un gas sin olor ni color muy peligroso, que puede causar súbitamente una enfermedad y la muerte. Reacciona vigorosamente con oxígeno, acetileno, cloro, flúor y óxidos nitrosos, pudiendo provocar humos tóxicos y al combinarse con otros contaminantes atmosféricos forma ozono troposférico. Su vida media en la atmósfera es de unos tres meses. Los objetivos fueron: a) Modelar la dispersión de CO y su relación con la T y UVA, con base en los datos obtenidos por la Red de monitoreo ambiental

Sesión especial

AVANCES Y RESULTADOS CON DATOS DE LA RUOA

Organizadores:

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

SE03-1

LA RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFÉRICOS: AVANCES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

González del Castillo Eugenia, Grutter Michel, Flores Delibes, López Anton Omar, Bautista Durán Ángel y Sánchez Bernardino Basilio
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
eu.gonzaranda@atmosfera.unam.mx

La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) es un proyecto inter-institucional que tiene por misión impulsar la investigación, la docencia y la divulgación de las ciencias atmosféricas a nivel nacional. A través de la operación de estaciones de monitoreo albergadas en diferentes localidades del país, la red busca proveer información atmosférica relevante y confiable, que contribuya al estudio y solución de los problemas emergentes que enfrenta el planeta en materia de contaminación del aire y cambio climático, entre otros temas. Los datos generados por la red son puestos a disposición de la comunidad académica y el público en general de manera abierta, gratuita y transparente. La RUOA inició operaciones en 2014; comprende actualmente quince observatorios atmosféricos y estaciones meteorológicas, distribuidos en 13 estados del país. Durante su etapa inicial de funcionamiento, el equipo de la RUOA concentró sus esfuerzos en la instalación y puesta en operación de observatorios y estaciones. En los últimos dos años, la red ha crecido principalmente a través de la incorporación de sitios con equipamiento propio, que han manifestado interés en integrar la información que generan al flujo de control de calidad y liberación de datos que la red ha construido. Entre las estaciones que se integraron durante los últimos dos años de operación, destaca la estación 'Ernesto Jáuregui Ostos', que ha registrado de manera casi ininterrumpida los cambios ocurridos en las condiciones meteorológicas del Centro Histórico de la CDMX durante los últimos 26 años. Además de la incorporación próxima de dos estaciones adicionales, la RUOA actualmente enfoca su trabajo en dos objetivos: 1) generar información trazable y confiable a través de implementar la calibración periódica y rigurosa de los sensores, y transparentar los procedimientos de control de calidad de los datos en cada una de las líneas temáticas que conforman la red, y 2) poner a disposición de los usuarios de la red contenido gráfico interactivo que facilite la visualización y descarga de datos. Para ello, la RUOA ha reestructurado el modo en que almacena la información generada por las estaciones en una base de datos relacional que puede ser consultada en tiempo real a través de un conjunto de herramientas web para el despliegue gráfico e interactivo de los datos. En esta ponencia se describirán los avances logrados en ambas líneas de trabajo, así como el panorama de futuros trabajos de la RUOA.

SE03-2

EMPLEO DE LAS OBSERVACIONES DE UN DISDRÓMETRO PARA ESTUDIOS DE EROSIVIDAD Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS MICROFÍSICAS DE LA PRECIPITACIÓN EN CIUDAD DE MÉXICO

Montero-Martínez Guillermo y García-García Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
gmontero@atmosfera.unam.mx

La erosión es un proceso natural producido por el movimiento de partículas del suelo de un sitio a otro debido a la acción del agua o del viento en la superficie. Uno de los mecanismos que caracterizan la erosión es el producido por la acción del impacto de las partículas de precipitación (erosión pluvial), especialmente cuando el suelo no tiene cobertura vegetal. Un análisis lógico conlleva a que, cuando los eventos de precipitación son más intensos (i.e., existe una mayor cantidad de gotas cayendo en la superficie), la degradación del suelo tiende a ser más intensa como resultado de la energía transferida a la superficie. Desde hace varias décadas se han reportado diversas relaciones entre la intensidad de precipitación y otros parámetros tales como la energía cinética y el momentum de las gotas. No obstante, gracias al desarrollo de instrumentos que pueden medir tanto el tamaño como la velocidad de las partículas durante los eventos de precipitación, se han iniciado estudios más detallados de la erosividad en diversos lugares. La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM ha instalado disdrómetros ópticos (Campbell Scientific, modelo PWS100) en algunas de sus plataformas de observación, capaces de medir los tamaños y velocidades de caída de los hidrometeoros durante eventos de precipitación. El principio de operación del instrumento se basa en la detección de la cantidad de luz dispersada hacia dos detectores por las partículas que atraviesan cuatro haces de luz. Este instrumento es capaz de discriminar entre diferentes tipos de hidrometeoros (precipitación líquida o sólida) y proporcionar datos de visibilidad hasta un rango de 20,000 metros. En este trabajo se presentan los resultados de las estimaciones de intensidad de precipitación, energía cinética y momentum para eventos de lluvia detectados en la estación del campus universitario de la RUOA en la Ciudad de México. El análisis realizado muestra que la energía cinética se incrementa con la intensidad de precipitación, alcanzando un valor máximo a partir de un valor umbral de la misma. Además, con los resultados obtenidos se proponen algunas relaciones entre la energía cinética de precipitación y los otros dos parámetros, las cuales pueden ser utilizadas en estudios detallados de la erosividad de la lluvia en la región.

SE03-3

VARIABILIDAD DEL VAPOR DE AGUA EN EL CENTRO DE MÉXICO A TRAVÉS DE LOS MÉTODOS DE ESPECTROSCOPIA FTIR Y GPS

García Zuber Alain Jair, Bezanilla Morlot Alejandro, Stremme Wolfgang, Grutter Michel y Adams David
Universidad Nacional Autónoma de México, CCA
azuber91@gmail.com

El presente estudio describe y relaciona la variabilidad del vapor de agua en el Centro de México a través de dos métodos: espectroscopia FTIR y GPS. El observatorio atmosférico Altzomoni (19.12°N-98.65°E) se caracteriza por su gran altura (4 000 m.s.n.m.), colindar con tres fuentes importantes de contaminantes (Puebla, Cuernavaca y Ciudad de México) y ser un sitio relativamente libre de contaminantes. A partir del método FTIR se obtuvieron series temporales de vapor de agua en tres regiones espectrales (NIR, MIR1 y MIR2), usando información a priori a partir de radiosondeos y un modelo climático (WACCM). Estas series fueron comparadas con la serie de GPS. Los resultados muestran una fuerte correlación entre los promedios por hora por parte de ambos métodos. Las recuperaciones utilizando WACCM como a priori mostraron el mejor ajuste en la correlación NIR-GPS ($R^2=0.963$), aunque la menor diferencia relativa se registró en la relación MIR1-GPS (3.17 %), mientras que la correlación MIR2-NIR mostró el mejor ajuste ($R^2=0.987$) y la menor diferencia (-4.07 %) entre las regiones espectrales. Los resultados obtenidos en las recuperaciones utilizando radiosondeos muestran el mejor ajuste entre MIR2-GPS ($R^2=0.964$) con una diferencia relativa de 6.95 %, mientras que la relación NIR-MIR2 mostró el mejor ajuste ($R^2=0.973$) entre las regiones espectrales con una diferencia relativa de -3.78 %. Con respecto al uso del perfil a priori, los resultados de WACCM son más consistentes con los de GPS, mientras que los valores recuperados por radiosondeos son consistentes sólo con valores pequeños de PWV. Ambas técnicas parecen describir los ciclos anuales y estacionales del vapor de agua y ambas pueden ser un complemento para obtener series de tiempo completas.

SE03-4

DISTRIBUCIONES POR TAMAÑOS DE GOTAS PARA EVENTOS DE LLUVIA EN LOS TUXTLAS, VERACRUZ

Pretelín-Ramos José Daniel¹, Montero-Martínez Guillermo²,
García-García Fernando² y Vázquez-Aguirre Jorge Luis¹

¹Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México
danielpretelinr@gmail.com

Los estudios de la microfísica de la precipitación tienen como base las observaciones de distribuciones por tamaños y velocidades de las partículas detectadas durante los eventos, y proveen información detallada sobre los procesos atmosféricos que dan lugar a la formación y desarrollo de hidrometeoros. En particular, las distribuciones por tamaños de gotas de lluvia (RDSD, por sus siglas en inglés) y sus parametrizaciones son de gran utilidad para la caracterización de eventos a partir de la acumulación e intensidad de precipitación, además de tener múltiples aplicaciones en la percepción remota y modelaciones atmosféricas e hidrológicas. Las RDSDs pueden ser obtenidas mediante observaciones con disdrómetros ópticos, como los instalados en algunas estaciones de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM. El principio de operación de dichos instrumentos (modelo Campbell PWS100) se basa en la dispersión de cuatro haces de luz cuando las partículas pasan a través del volumen de muestreo, que da información sobre el estado de fase de las partículas (líquida o sólida), sus velocidades de caída y sus tamaños. En este trabajo se presenta una comparación entre las mediciones de precipitación realizadas simultáneamente con un disdrómetro óptico PWS100 y un pluviómetro de balancín (Texas Electronics, Inc. modelo TR-525M), ubicados en el observatorio de la RUOA en la Estación de Biología Los Tuxtlas, a fin de validar la habilidad de medición de ambos equipos en diferentes eventos de precipitación entre 2014 y 2016. El observatorio se localiza en la región central de la Planicie Costera del Golfo de México, aproximadamente a 2 km de la costa (18.6°N, 95.1°W) y a unos 180 m sobre el nivel medio del mar. Dicha región se caracteriza por tener un clima tropical húmedo con temporadas anuales bien definidas de lluvias y secas. La principal temporada de lluvias ocurre entre junio y octubre, y se caracteriza por la influencia de la incidencia de ciclones tropicales del Atlántico. Una temporada secundaria de lluvias ocurre en el invierno, cuando la precipitación en la región se origina principalmente por el paso de frentes fríos. A partir de los datos del disdrómetro, se obtuvieron las RDSDs y la concentración de agua líquida para diferentes eventos con períodos de intensidad de precipitación constante. Los resultados indican que, en la mayoría de los casos y dentro de sus intervalos de incertidumbre, ambos equipos miden acumulaciones de lluvia similares.

SE03-5

VALIDACIÓN DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN CON EL DISDRÓMETRO PWS100 EN EL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO DE CHAMELA, JALISCO

Arenal Casas Stefany y Montero-Martínez Guillermo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, CCA
stefany.arenal@ciencias.unam.mx

La precipitación es un proceso fundamental del ciclo hidrológico y, junto con la radiación solar, es uno de los agentes de variabilidad climática más importantes en la hidrología terrestre. Las aplicaciones que involucran agua (riesgos naturales, servicios de ecosistemas y agricultura, gestión de recursos hídricos, infraestructura vital, etc.) dependen de la estimación y/o las predicciones precisas de las tasas de precipitación a escalas espaciales y temporales relevantes para cada usuario final; sin embargo, debido a la variabilidad de la precipitación el conocimiento de estos parámetros sigue siendo todo un reto. El disdrómetro óptico PWS100 (de Campbell Scientific, Inc.) es un sensor de tiempo presente que mide la intensidad de la precipitación a través de su técnica de medición basada en la detección de la luz dispersada por las partículas de precipitación. Este instrumento puede identificar entre distintos tipos de precipitación y obtener la distribución por tamaños de las partículas de precipitación, clasificándolas en 1156 clases (categorías de tamaño y/o velocidad). Con el objetivo de estimar el desempeño de un PWS100 instalado en el Observatorio Atmosférico Chamela de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA-UNAM), se realizó una recopilación de los datos registrados por tres instrumentos que miden precipitación en dicho observatorio un disdrómetro PSW100 y dos pluviómetros (un TR-525, de Texas Electronics, y otro construido por FTS), durante dos temporadas distintas (2015 y 2016). Para su análisis se realizaron bases de datos, obtenidas con diversas plataformas como Python y Matlab, y un análisis descriptivo y estadístico. En este trabajo se reportan los resultados del análisis estadístico comparativo entre los tres instrumentos de medición que muestran el desempeño de los tres equipos en distintos eventos de precipitación.

SE03-6

INTERACCIÓN ENTRE AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO QUERÉTARO Y AGUA DE LLUVIA

García Rocío¹ y González Enrique²
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, CCA-UNAM
²Universidad Autónoma de Querétaro
rgm0912@hotmail.com

Los ríos y estuarios suelen ser los principales indicadores para el conocimiento de las características isotópicas e hidroquímicas derivadas de las actividades humanas de (efluentes industriales, rurales y urbanos), porque en ellos son vertidos y generadas sustancias tóxicas sumamente peligrosas, provocando graves daños a los ecosistemas acuáticos y terrestres. En muchas ocasiones, las mayores demandas de agua aparecen en las regiones con menos oferta hídrica, como el estado de Querétaro. Para este estudio se consideró la variación estacional en el contenido isotópico de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) y deuterio ($\delta^2\text{H}$), de agua del río Querétaro colectada en cuatro puntos de la Cuenca del río Querétaro y agua de lluvia colectada en tres áreas de la Ciudad de Querétaro: Juriquilla-RUOA (norte), Tlacote (sur) y Avenida Universidad (centro), durante el periodo de lluvias del 2014 al 2017. Se obtuvo el promedio isotópico de cada periodo de muestreo en donde se observó una marcada tendencia hacia un menor enriquecimiento, así como estacional, se graficó la línea meteorológica local para cada periodo de muestreo. A partir de los valores de los isótopos estables, oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) y deuterio ($\delta^2\text{H}$), se deduce que el río tiene un aporte meteorológico del régimen de lluvia. Las características isotópicas y la calidad fisicoquímica del agua del río, se observa ligeramente alterada, ya que presenta eutrofización, debido a que ha quedado aislada de corrientes superficiales y solo se renueva cuando se presentan lluvias. Los resultados obtenidos muestran que aguas más negativas (-14% y -16%), provienen de fugas en las redes de agua potable y de alcantarillado, esto probablemente debido a que el servicio de abastecimiento de agua al estado de Querétaro, es alimentado por la toma de una cuenca aledaña, a una altura mayor a la altura promedio del río Querétaro que atraviesa el área de estudio.

SE03-7

COMPARACIÓN DE PERFILES VERTICALES DE VIENTO EN LA CAPA LÍMITE DE LA CUENCA DE LA CIUDAD DE MÉXICO: LIDAR DE LA UNAM Y RADAR PERFILADOR DE LA SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

Ochoa Moya Carlos Abraham¹, Quintanar Arturo¹, Aquino Lourdes², Becerra Evi³, Rivera Olivia³ y Retama Armando³
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
³Secretaría del Medio Ambiente CDMX
carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Se comparan los perfiles verticales de viento instalados en la Ciudad de México con distinto principio de operación. Por una parte, se obtienen perfiles de viento

en la vertical con un perfilador de vientos basado en la retrodispersión de luz debida a partículas atmosféricas moviéndose con las parcelas de aire, donde el desplazamiento en frecuencia (efecto Doppler) de la luz retrodispersada es proporcional a la velocidad radial de los aerosoles y las parcelas de aire. Este instrumento se encuentra instalado en la UNAM en el Centro de Ciencias de la Atmósfera y ha operado de forma continua desde febrero de 2017 estimando las tres componentes del viento cada 30 min y cada 60 m en altura, en promedio el alcance del instrumento es de 3000 m por arriba de la superficie. Por otra parte, al noroeste del sitio de la UNAM, a unos 15 km, se encuentra instalado un radar perfilador de vientos administrado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México con una frecuencia de salidas de 30 min y una resolución vertical de 100 m hasta el tope de la capa límite que suele estar a 2500 m en su máximo desarrollo en el día. En 2017-2018, se han seleccionado dos periodos: seco (noviembre a mayo) y húmedo (julio a septiembre) para realizar la comparación. Se observa en el periodo seco una señal de ciclo diurno muy bien definida para ambos aparatos en tanto que en el periodo húmedo la convergencia de vientos en niveles bajos es una característica común.

SE03-8

IMPORTANCIA DEL CAMPO DE VIENTO SUPERFICIAL EN EL TRANSPORTE DE POLEN DE ENCINO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia y Martínez López Benjamín
Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA
mclce@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se analiza la evolución del polen de encino en dos estaciones de monitoreo localizadas en la CDMX: Cuajimalpa y Coyoacán. El análisis, cubriendo el periodo de 2010 a 2018, utiliza concentraciones horarias de polen y datos meteorológicos obtenidos del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario. Adicionalmente, se utilizaron series de viento en superficie obtenidas de corridas del modelo WRF. Para la validación del campo de vientos utilizado proveniente del WRF, se usaron datos de viento obtenidos de diversos productos de reanálisis, así como del perfilador de vientos de la RUOA-UNAM. El porcentaje de polen de encino con respecto al polen total recolectado del aire mostró que la concentración más alta se registró en Cuajimalpa en 2014. La variación estacional anual indicó que la floración y la emisión de polen a la atmósfera comenzaron entre febrero y marzo. Se detectaron dos procesos que pueden explicar los valores más grandes registrados en 2014. Por la tarde, el polen del bosque secundario es transportado por vientos convergentes del suroeste, lo que aumenta la concentración de polen en Cuajimalpa. Por la noche, hay una contribución adicional de polen del bosque primario a través del transporte por vientos del noroeste.

SE03-9

RUOA TOOLKIT

Magaldi Adolfo¹, Zavala-Romero Olmo² y Guerrero Olmo³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Miami University
adolfo.magaldi@atmosfera.unam.mx

Dada el amplio abasto de la instrumentos que posee la RUOA es necesario facilitar al usuario el acceso a estos, RUOA Toolkit es un módulo Python de código abierto que contiene una colección creciente de algoritmos y utilidades construidos sobre la plataforma Scientific Python Stack y distribuidos bajo la licencia BSD. RUOA Toolkit proporciona las herramientas básicas para trabajar con los datos de la RUOA, sin embargo esta plataforma ha sido diseñada para que pueda ser en cualquier otra red de observatorios atmosféricos con el fin de eficientar procesos y analizar una gran cantidad de datos meteorológicos.

SE03-10

NUEVO PERFILADOR DE VIENTO DE LA RUOA: DESARROLLANDO PRODUCTOS GRÁFICOS PARA USUARIOS EN LÍNEA

Rozanes Valenzuela Daniel Atreyu
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
d.atreyu@ciencias.unam.mx

Al observatorio de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) localizado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, se ha incorporado un Perfilador de Viento LiDAR Doppler Windcube 100S de Leosphere. Éste equipo puede proporcionar datos de dirección e intensidad de viento a distintos niveles de altura en la atmósfera, y se estima que será un componente importante para el entendimiento de las condiciones atmosféricas en el futuro. Mientras que uno de los objetivos de su instalación es proporcionar a la comunidad científica de datos de calidad sobre diferentes parámetros, también se pretende que a través de la plataforma en línea de la RUOA, cualquier persona, experto o usuario general, tenga acceso a dichos productos de manera libre y sencilla. Para ello, se han desarrollado herramientas gráficas que permiten la visualización de los datos actualizados en

tiempo real, y que contengan en ellas todas los elementos necesarios para su interpretación.

SE03-11

PROCESAMIENTO DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE DE ESTACIONES DE LA RUOA

Guerrero Olmo
Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, RUOA
olmo.guerrero@ciencias.unam.mx

La presentación explica el procedimiento de limpieza y almacenamiento que se realiza para generar los datos L0 y L1 de calidad del aire (CO, O₃, NO_x, PM_x) de todas las estaciones de la RUOA que tienen equipos de medición de esta línea temática. Los algoritmos presentados serán implementados próximamente por la RUOA y los datos podrán ser descargados desde su portal.

SE03-12

OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO MORELIA: ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y DE CALIDAD DEL AIRE

Anaya Carlos
Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia, ENES-Morelia
carlos.anaya@enesmorelia.unam.mx

El Observatorio Atmosférico Morelia de la RUOA está ubicado al suroeste de la ciudad de Morelia, en las instalaciones de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Morelia). Cuenta con sensores y equipo analítico para medir parámetros meteorológicos, partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y gases contaminantes que permiten evaluar la calidad del aire. Su funcionamiento inició en septiembre de 2015, por lo que va a cumplir tres años de generación de datos. En el presente trabajo se presenta un análisis preliminar de la información generada por este observatorio, tanto de meteorología como de calidad del aire. Asimismo, se presenta una síntesis del uso que se le ha dado a la información por usuarios de la misma y una breve reseña sobre el papel que ha tenido el Observatorio en la docencia dentro de la ENES-Morelia.

SE03-13

ESTUDIO PRELIMINAR DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y LOS CONTAMINANTES CRITERIO EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES

Díaz López María del Carmen¹, Ramírez López Elsa Marcela¹, Rangel Jiménez Patricia¹, Torres González Jorge Alejandro², Meraz Jiménez Antonio de Jesús² y Torres Jardón Ricardo²
¹Universidad Autónoma de Aguascalientes
²Universidad Nacional Autónoma de México
carmen_dilo@hotmail.com

Diversos estudios en China, Estados Unidos de Norteamérica y Europa han encontrado que existe una asociación entre los niveles de contaminación por arriba de las normas oficiales y las enfermedades respiratorias. La calidad del aire en la ciudad de Aguascalientes ha cambiado en los últimos 30 años debido al gran crecimiento de las diferentes actividades industriales y en la carga vehicular, generando un posible incremento en la cantidad de contaminantes criterio, y pueda ser una causal de la mortalidad y morbilidad por enfermedades respiratorias, afectando directamente a la población expuesta, principalmente en los mayores de 65 años y los niños menores de 15 años. El objetivo de este estudio es encontrar la probable asociación de las enfermedades respiratorias y los contaminantes criterio detectados en la estación de monitoreo RUOA-UNAM- UAA, en la ciudad de Aguascalientes para el 2015 y 2016. Las bases de datos sobre morbilidad y mortalidad de las enfermedades respiratorias en la población de Aguascalientes han sido obtenidas en el ISSEA; y la base de datos horarios de los contaminantes criterio (O₃, NO₂, NO, SO₂, CO, PM_{2.5} y PM₁₀) de la estación RUOA-UNAM-UAA, para el 2015 y 2016. El análisis estadístico con la correlación de Pearson, nos dará una posible asociación de los contaminantes y los fallecimientos y morbilidad de la población del municipio de Aguascalientes. Las bases de datos en conjunto nos permitirán comparar y obtener gráficas en donde se muestre esta probable asociación, y observar si la cantidad de contaminantes ha incrementado y en que proporción, y si ha sido un factor en el incremento del nivel de mortalidad y morbilidad, con respecto a las enfermedades en la población de Aguascalientes.

SE03-14

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NO₂ SOBRE MÉXICO OBTENIDA CON DATOS SATELITALES Y SU VALIDACIÓN A PARTIR DE MEDICIONES DESDE LA SUPERFICIE

Ojeda Lerma Zuleica, Stremme Wolfgang, Friedrich Martina, Rivera Claudia y Grutter Michel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
zojeda@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se presentan mapas con la distribución espacial promedio del NO₂ sobre la República Mexicana medidas por OMI (Ozone Monitoring Instrument), un instrumento satelital en órbita polar. Para la validación de esta información, el grupo de Espectroscopía y Percepción remota de la UNAM opera la red de instrumentos ópticos MAX-DOAS (Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy) para la medición de columna troposférica de NO₂ y HCHO en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Como parte del trabajo de validación y control de calidad de los productos, la columna superficial medida de NO₂ se comparó con el mismo producto de la RUOA (Red Universitaria de Observaciones Atmosféricas) en su medición in-situ, así como la columna troposférica con los productos satelitales del sensor OMI. Los resultados presentados corresponden a las comparaciones en cuatro puntos de la región, FES de Acatlán, Parque Xochitla en Cuautitlán, Vallejo y UNAM, cada uno de estos puntos cuenta con condiciones atmosféricas y fuentes de NO₂ distintas, lo cual se ve reflejado en los resultados, con correspondencia en cada estación en el ciclo diurno del gas en ambas redes. Se obtuvo una mayor correlación en la estación Acatlán (r=0.742) y menor en Cuautitlán (r=0.583). Los productos de OMI (DOMINO (Dutch OMI NO₂) y el producto estándar NO₂ v03) es comparado con la columna troposférica de MAX-DOAS para el análisis de la diferencia entre una medición satelital respecto a una superficial, donde la correlación con cada estación se ve afectada con la variabilidad atmosférica del sitio, con mayor correlación en la estación UNAM (r=0.63) y menor en Vallejo (r=0.16).

SE03-15

UN NUEVO PROYECTO PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EN EL VALLE DE MEXICO: MERCI-CO₂

Grutter Michel¹, Ramonet Michel², Stremme Wolfgang¹, Bezanilla Morlot Alejandro³, González del Castillo Eugenia¹ y Cárdenas Beatriz³
¹Universidad Nacional Autónoma de México
²LSCE, Francia
³SEDEMA, CDMX
grutter@unam.mx

A pesar de que se han registrado algunas reducciones en los gases contaminantes con respecto a los años noventa, la calidad del aire sigue siendo un problema y un reto de la Ciudad de México. En particular, se ha estimado en el inventario de emisiones del 2014 una emisión de CO₂ con un valor de 44 Mt por año, en rápido aumento debido a la amplia densidad de población y de actividades productivas. Conocer las emisiones con precisión es de vital importancia para entender que efectividad tienen las acciones dirigidas en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la Ciudad. En este trabajo presentamos 4 años de mediciones continuas de concentraciones en superficie y en la columna vertical dentro y fuera de la zona metropolitana, para identificar su variabilidad diurna y estacional, así como sus tendencias a nivel regional y local. Se ha establecido una colaboración con el Laboratorio de Ciencias del Clima y el Ambiente en Francia, a través de un proyecto con financiamiento de Conacyt y ANR, para estudiar a través de observaciones y modelación las emisiones de CO₂ en esta megaciudad. En esta iniciativa se pretende integrar toda la información disponible en cuanto a las estimaciones actuales de las emisiones (inventarios), mediciones y salidas de modelos para obtener una estimación más refinada de las emisiones con mayor resolución espacial y temporal.

SE03-16 CARTEL

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE METANO EN DOS ESTACIONES DE LA RUOA, UTILIZANDO ENFOQUES DIFERENTES

Bezanilla Morlot Alejandro, Stremme Wolfgang, Grutter Michel y González del Castillo Eugenia
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
abezanilla@atmosfera.unam.mx

El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importante por su potencial de calentamiento, el cual es 25 veces mayor en un horizonte a 100 años que el del dióxido de carbono. La concentración atmosférica de este gas ha aumentado en más del doble desde el inicio de la revolución industrial, que inicia a mediados de 1700, y la mayor parte de este aumento se atribuye 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 fuentes. La RUOA (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos) cuenta con 6 estaciones en las que se realizan mediciones continuas de este gas, desde el 2014, con analizadores que utilizan la técnica de espectroscopía en cavidades "Ring-Down". Esta técnica es ampliamente utilizada para el análisis de muestras

gaseosas que absorben radiación a determinadas longitudes de onda. 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. En dos de estas estaciones también se realizan mediciones de la columna vertical de CH₄, con espectroscopia de absorción solar en el infrarrojo. En este trabajo se analiza el incremento y la variabilidad de las concentraciones del metano en la atmósfera utilizando las mediciones realizadas con estos dos tipos de instrumentos.

SE03-17 CARTEL

LA RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL VAPOR ATMOSFÉRICO, LA LLUVIA Y LA HUMEDAD EN LA REGIÓN DEL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

Castro-López Ariel¹, Yépez Enrico A.¹, Robles-Morua Agustín¹, Garatuza Payán Jaime¹, Méndez-Barroso Luis Arturo², Vega Puga Masuly², Vivoni Enrique³ y Adams David³

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Arizona State University

³Universidad Nacional Autónoma de México
mecanik17@gmail.com

El aporte de precipitación en el noroeste de México es dominado por el sistema de circulación atmosférica denominado el Monzón de Norteamérica, que responde al contraste de la temperatura entre el océano y el continente con procesos convectivos que involucran el reciclaje de humedad y el aporte de humedad del zonas tropicales. Este trabajo presenta mediciones en tiempo real (1 Hz) de la composición isotópica (deuterio y oxígeno-18) de vapor atmosférico en 67 días efectivos de muestreo durante el verano de 2017 (junio-septiembre), utilizando un analizador de isótopos de vapor de agua (DLD-100 - Los Gatos Research, Inc.) acoplado en serie a un analizador de isótopos de muestras líquidas para su calibración (L2130-I, Picarro, Inc.). Las mediciones fueron llevadas a cabo en campus centro del Instituto Tecnológico de Sonora en Ciudad Obregón, México como parte de los esfuerzos de la Red GPS-Hidrometeorológico del Monzón 2017. El objetivo fue identificar las composiciones isotópicas de masas de aire que permitan identificar las fuentes de humedad ingresando al sur de Sonora durante la temporada del Monzón de Norteamérica. El rango de variación de la composición isotópica del vapor de agua fue de -23.5 ‰ a -2.1 ‰ para oxígeno-18 y de -51.6 ‰ a -160 ‰ para deuterio, mientras que los rangos de variación de la lluvia fueron de 6.2 ‰ a -12.3 ‰ para oxígeno-18 y de 26.9 ‰ a -86.5 ‰ para deuterio. Notablemente, los valores más empobrecidos de oxígeno-18 y deuterio se registraron durante la presencia de huracanes con tendencia a regresar a valores enriquecidos al terminar los eventos de precipitación. La variación en la composición isotópica se analiza en contraste con los resultados de sistemas GPS para medir el vapor de agua en la columna atmosférica y otras mediciones relevantes de temperatura, humedad relativa y precipitación en Ciudad Obregón.

SE03-18 CARTEL

SIMULACIÓN DE CASOS DE ESTUDIO DE EVENTOS SEVEROS DE CONVECCIÓN PROFUNDA EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y LA VERIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE VIENTO EN LA CAPA LÍMITE

Aquino Lourdes¹, Becerra Evi¹, Ochoa Moya Carlos Abraham¹, Quintanar Arturo³, Rivera Olivia² y Retama Armando²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Secretaría del Medio Ambiente, CDMX

³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
lulusita.am@gmail.com

Se utiliza el modelo WRF-ARW forzado por ERA-I, para simular eventos de convección profunda seleccionados utilizando el criterio de que la intensidad de la precipitación rebasa el umbral de 20 mm/h. Las simulaciones se llevaron a cabo utilizando la técnica de NDOW para el "downscaling". Primero se genera una simulación a 30 km de resolución espacial, para después utilizarla para forzar una de 10 km y finalmente forzar una malla más fina de 2.5 km. Con la malla fina se realizan diferentes pruebas de hipótesis utilizando una variedad de parametrizaciones de microfísica y capa límite. La evolución de la capa límite antes y después de eventos de precipitación intensa se analiza a la luz de mediciones de dos instrumentos de perfilación de vientos: 1) un Lidar Doppler localizado en el campus de Ciudad Universitaria (UNAM) y 2) en Centro 5 Vallejo al noroeste de la CDMX.

SE03-19 CARTEL

CÓMO NO HACKEAR UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Robles Miguel Angel, López Anton Omar y Flores Delibes
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
miguel.robles@atmosfera.unam.mx

El uso de los dataloggers es indispensable para la recolección de todo tipo de información, y es una parte importante de las estaciones meteorológicas automáticas. Existe una amplia variedad de modelos disponibles, de diferentes marcas, modelos y capacidades. Los modelos de gama alta cubren los

requerimientos más exigentes pero su costo es significativamente alto. Por otro lado, los modelos de gama baja con precios accesibles permiten realizar pocas configuraciones. En este trabajo se presenta el desarrollo de un datalogger a partir de la aplicación de ingeniería inversa a una estación meteorológica de gama media, conservando de ésta sus sensores pero dotando de una mayor versatilidad en el manejo de los datos (período de muestreo, capacidad de almacenamiento, formas de comunicación, etc). Por otro lado, se reduce el costo y para verificar el desempeño se compararon los datos generados con los datos obtenidos por la estación meteorológica de RUOA instalada en el CCA.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores:

Marina Manea

Diego Gracia Marroquín

Rodrigo Alejandro León Loya

Adolfo Pacheco Castro

SE04-1

UNA PROPUESTA DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA EN EL NEVADO DE TOLUCA, GEOPATRIMONIO Y CULTURA

Jácome Paz Mariana Patricia¹, López Valdés Néstor², De la Fuente Rivera Juan Ramón³, Ávila Vasquez Gloria Itzel⁴, Guzmán Sánchez Javier⁵, Ríos Vázquez Ameyalli⁶, Rangel Granados Elizabeth⁷, Vasquez Serrano Alberto⁸, Torres Orozco Rafael⁹, Caballero García Lizeth¹⁰, Arce Saldaña José Luis¹¹, Ville Benavides Rodrigo¹², Cobos Villagrán Aurora⁶, Victoria Peregrino Karina⁶, Rivera García Gerardo Damián⁶ y Caballero Margarita⁶

¹Instituto de Geofísica, UNAM. Circuito de la investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

²Dirección General de Atención a la Comunidad, DGACO, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. Unidad de Posgrado, edificio D, primer piso. Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México.

⁴Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

⁵Circo Interior. Ciudad Universitaria, s/n. C.P. 04510. México.

⁶Comisión Nacional Forestal, Gerencia Estatal Morelos. 62290, Río Tamazula 30, Vista Hermosa, Cuernavaca, Morelos.

⁷Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n. Col. Santo Tomás CP11340. Del. Miguel Hidalgo. CDMX

⁸Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. Unidad de Posgrado, edificio D, primer piso. Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

⁹Instituto de Geología, UNAM. Circuito de la investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

¹⁰Mechanical Engineering, University College London, Torrington Place, London WC1E7JE, UK

¹¹Facultad de Ciencias, UNAM. Circuito Exterior s/n, Coyoacán, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México.

¹²Instituto de Geología, UNAM. Circuito de la investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México

¹³Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México mapajapaz@hotmail.com

El volcán Nevado de Toluca o Chichauhtécatl, la cuarta cumbre más alta de México (4,680 m.s.n.m., en el Pico del Fraile), es, desde 2013, un Área Natural Protegida en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) de acuerdo con la legislación mexicana. A pesar del fácil acceso y la alta afluencia de visitantes del APFF Nevado de Toluca, no cuenta con información orientativa y visible in situ. Esta situación favorece el deterioro de la zona y aumenta las situaciones de riesgo para los visitantes por no conocer las precauciones al adentrarse a una zona de alta y media montaña; además de que la experiencia del visitante se limita al turismo convencional de consumo. Con el objetivo de abordar dicha problemática y enfatizar los aspectos de carácter científico y cultural del volcán, en este trabajo se presenta el desarrollo de una estrategia de comunicación de la ciencia y de fomento a la conservación del entorno natural, a través de una serie de mapas que llevan como títulos: Ruta Circunvalación Completa, Ruta Humboldt, Ruta Humboldt – Heilprin, Ruta Laguna de La Luna, Ruta Laguna de El Sol, Ruta Pico del Águila (Segundo pico más alto), Ruta Pico del Fraile (cima), Ruta Circunvalación Humboldt-Laguna de La Luna, Ruta Parque de los Venados - Cara sur, Ruta Parque de los Venados - Pico del águila, Ruta Sendero Interpretativo, Rutas Bicicleta (A) y Rutas Bicicleta (B) y que abarcan el área cratérica del volcán y sus alrededores. En cada mapa se muestra la trayectoria de una ruta de montaña o bicicleta, los depósitos volcánicos sobre la cual se encuentra, el tipo de ecosistema (s) que se atraviesa, la biodiversidad de flora y fauna que se puede observar y recomendaciones de salud y prevención. Toda la información mostrada tiene un carácter científico y divulgativo. Se espera que la consulta de esta cartografía especializada a través de publicación open access en revista científica arbitrada (<https://doi.org/10.22201/igg.terradigitalis.2018.1.37>) y/o su uso in situ por parte de los visitantes de la zona fomentará la conservación del lugar, ya que el entendimiento de los procesos y dinámicas del medio natural motivan una mejor toma de decisiones; mitigará las situaciones de riesgo y promoverá el enriquecimiento científico y cultural.

SE04-2

CON EXPERIENCIAS DE TUTORÍA EN EDUCACIÓN SUPERIOR, MEDIANTE ESTRATEGIAS DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS CON ESTUDIANTES DE INGENIERÍA, SE LOGRAN APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS Y DE COMPETENCIAS ÚTILES EN SU FORMACIÓN PERSONAL, SOCIAL, ACADÉMICA Y PROFESIONAL

Sandoval-Ochoa José Héctor¹ y Aulis Rosa Elideth²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM, FI-UNAM

²FI-UNAM

jhsandovalocha@gmail.com

Dentro del marco reglamentario del Sistema Institucional de Tutoría del Bachillerato y Licenciatura en los Sistemas Presencial, Abierto y a Distancia en la Universidad Nacional Autónoma de México, y tanto de sus Lineamientos como del Programa Institucional de Tutoría (PIT), como del correspondiente Plan de Acción Tutorial y de la "Guía del Tutor" de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Se institucionalizó el conjunto de actividades académicas de los programas de tutorías ejercidas desde 2003 mediante la Coordinación de Programas de Atención Diferenciada para Alumnos (COPADI) y dado que, el proceso operativo de culturización en la práctica de la tutoría ha sido en el contexto de la propia Escuela. En complemento a esto, el Centro de Docencia "Ing. Gilberto Borja Navarrete" de la FI-UNAM, ha brindado las oportunidades de superación personal y académica de sus docentes, lo cual, se han llevado a cabo las actividades para la profesionalización en docencia de

los propios profesores desde 2003. "La tutoría es un proceso de orientación y acompañamiento para la formación integral del estudiante, para ofrecer atención en forma individual y grupal que cursan la licenciatura con el fin de propiciar su desarrollo en cuatro dimensiones: personal, social, académica y profesional". Se ha manejado el desarrollo el modelo para el proceso de intervención de la tutoría en tres etapas académicas formativas a lo largo de su trayectoria escolar, con el seguimiento y acompañamiento al alumno en la relación tutor-estudiante: Primera Etapa: Incorporación de los estudiantes al ambiente universitario, su consolidación vocacional y desarrollo de un plan de trabajo intelectual para su desempeño como estudiantes de la Facultad. La cual corresponde con "el Qué", con la inducción al estudio y su organización del estudiante para que desarrolle un plan de su estructura mental. Segunda: orientación en su formación integral, adquisición y desarrollo de capacidades, habilidades y actitudes específicas en las ingenierías. "el Cómo": para inculcar las competencias técnicas y científicas para su ejercicio profesional. Tercera: dirección a la vinculación de los estudiantes de semestres avanzados con el campo de intervención profesional. Y "el Para qué y Cuando" está en la proyección del estudiante hacia el campo profesional, para el ejercicio en la ingeniería cotidiana. En este nivel de Educación Superior se ha dado el esfuerzo para inculcar en el estudiante la capacidad para el aprendizaje significativo que logra en el corto plazo, y con esta capacidad, adquiere habilidades con el nuevo conocimiento que en el largo plazo, logra las competencias profesionales que le exige el mercado laboral. Al término de la formación del ingeniero, se sigue uno de los principales objetivos terminales que orientan y encausan el fortalecimiento del perfil del egresado para proyectar a éste, con las competencias profesionales que son para la vida, y pueda enfrentar los retos y problemas de su profesión. Con la dotación de esas competencias técnicas y científicas los nuevos ingenieros, deben estar motivados y comprometidos con su interés, con los valores, la ética profesional, el orden, el respeto al compañero, la escuela, al medio y naturaleza.

SE04-3

TALLER DE CIENCIA PARA PROFESORES: VINCULANDO A LA INVESTIGACIÓN CON LA ENSEÑANZA, EL PROFESOR COMO AGENTE DE CAMBIO

Silva-Corona J. Jesús, Gómez González Juan Martín, Muñoz

Torres María Carolina y Asprón-Ramírez Aurora Marina

Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO, UNAM

jsilvac@geociencias.unam.mx

El Taller de Ciencia para Profesores (TCP), del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, es un espacio en el que profesionales de la educación media y media superior asisten a talleres, seminarios científicos prácticas de laboratorio y campo, impartidas por investigadores de diversas universidades y personas, quienes tienen una gran motivación y pasión por su trabajo. Durante una semana, los profesores tienen la oportunidad de conocer el trabajo que desarrollan los ponentes; paralelamente, reciben orientación y se fomenta el intercambio de estrategias entre ellos mismos para que puedan realizar actividades equivalentes a las que observan, pero ahora con materiales más simples ante sus alumnos; se hace énfasis en que el punto de coincidencia entre las actividades que se les ofrecen y la docencia es el Método Científico; y además siempre se promueve que las estrategias que surgen las relacionen con el programa de la materia que imparten y sean una herramienta facilitadora en su labor docente. El Taller, aunque enfocado a las Ciencias de la Tierra, ha recibido profesores de educación especial, danza y diversas áreas de conocimiento; con ello se pretende que los profesores, con un enfoque multidisciplinario, aborden soluciones a problemas comunes en la enseñanza. Por otra parte, el TCP es un vínculo entre los encargados de formar estudiantes y las universidades a las que potencialmente pueden ingresar, creemos entonces que el Taller brinda a los jóvenes, a través de sus profesores, un panorama más amplio de las posibilidades de estudio y de estilo de vida.

SE04-4

STRATEGIAS PARA INVOLUCRAR A JÓVENES DE LICENCIATURA EN LA CREACIÓN DE TALLERES DE DIVULGACIÓN: EXPERIENCIA PROGRAMA TERRAMÓVIL

Ramírez Salazar Anthony¹, Lopera Gasca Ana Cecilia¹,

Hernández Bello María Guadalupe² y Salas Barrera Citlali²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Instituto de Geología,

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

anthony.anthony@comunidad.unam.mx

Durante los seis años de existencia del Programa de divulgación Terramóvil se han ido implementando y creando una amplia variedad de talleres relacionados con las diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra, sin embargo, la mayoría de ellos abordan temas relacionados al ambiente y a la geosfera, sin incorporar temas que versen sobre la atmósfera y la hidrósfera. Hasta ahora, la conceptualización, realización y montaje de los talleres ha estado a cargo de investigadores y estudiantes de licenciatura de últimos semestres y de posgrado, por lo cual se pensó en involucrar a estudiantes de licenciatura de los primeros semestres. Para este trabajo se idearon nueve talleres de oceanografía y atmósfera, que posteriormente fueron montados por veinte alumnos de cuarto semestre de la licenciatura en Ciencias de la Tierra. Como primer paso se hizo una revisión bibliográfica para

definir los conceptos y temas prioritarios, que permitieran un entendimiento básico de la dinámica oceánica y atmosférica tanto a nivel regional (e.g. convección y corrientes) como a nivel local (e.g. formación de nubes), así como las problemáticas ambientales que ocurren en los océanos y atmósfera (e.g. derrames petroleros y contingencia ambiental) y que impactan de manera directa la calidad de vida. Se compraron los materiales necesarios y se realizaron instructivos y guías de los temas a tratar para que los alumnos dieran inicio a los talleres. En una segunda etapa los alumnos montaron y presentaron los talleres a público general en el 6º Encuentro con la Tierra. Por último, los estudiantes crearon recursos audiovisuales explicando el montaje y la dinámica de los talleres para que futuros voluntarios del Programa Terramóvil puedan llevar a cabo las actividades. En esta experiencia el seguimiento por nuestra parte fue fundamental para que los estudiantes se sintieran orientados durante el proceso y pudiesen resolver dudas conceptuales, técnicas y de estrategias de divulgación. Los alumnos mostraron una buena capacidad para cambiar y adaptar los materiales propuestos para las actividades, mejorando el desarrollo de las mismas y reduciendo el impacto ambiental de los desechos generados. Adicionalmente les permitió desarrollar sus habilidades de expresión oral frente al público en general y les despertó un entusiasmo y conciencia sobre la importancia de hacer divulgación de la ciencia. El trabajo logró que por primera vez alumnos de semestres iniciales se involucraran en la realización de los talleres del Terramóvil de manera activa y no sólo en su exposición. El proyecto es un gran ejemplo de que la incorporación de estudiantes jóvenes a actividades de divulgación, permite una mejora de las mismas, al tiempo que enriquece habilidades en los alumnos, muy útiles para su desarrollo personal, académico y profesional.

SE04-5

IDEAS EQUIVOCADAS (MISCONCEPTIONS) SOBRE CIENCIAS DE LA TIERRA EN NIÑOS DE EDUCACIÓN BÁSICA

Alaniz-Álvarez Susana Alicia¹, Nieto Samaniego Ángel Franciscó²,

Robledo-Ortiz Claudia Iris³ y Gómez González Juan Martín¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Secretaría de Educación de Guanajuato

alaniz@geociencias.unam.mx

Una idea equivocada previa (misconception) puede obstaculizar el aprendizaje. Esto en Ciencias de la Tierra es importante, ya que muchas veces la ocurrencia de un fenómeno natural va contra la intuición. Desde el 2009 el Centro de Geociencias ha impartido talleres de iniciación a la ciencia. Durante estos talleres se aplicó una encuesta a 26 970 estudiantes de primaria de escuelas públicas, la cual consistió en 35 preguntas de opción múltiple sobre propiedades de los gases, gravedad, luz, ondas y clima. Para conocer cuáles son las ideas previas equivocadas se eligieron aquellas cuyo porcentaje de aciertos fue menor que 40%, en las que el factor de concentración y el factor de desviación al error dieron un valor medio a alto. De las respuestas de los niños obtuvimos que las 4 ideas que se consideran misconceptions son: 1) los cuerpos más pesados caen primero que los menos pesados, 2) el aire no pesa, 3) los objetos tienen distinta temperatura porque se sienten unos más fríos que otros, y 4) en la madrugada hace más frío que al amanecer. En 2017 la Secretaría de Educación de Guanajuato junto con el Centro de Geociencias implementamos talleres de ciencia a 100 grupos de educación básica; con base en la encuesta previa se diseñó un instrumento de evaluación del aprendizaje que consiste en una serie de enunciados (sobre fenómenos naturales) a manera de hipótesis, donde los estudiantes eligen si la hipótesis elegida es correcta, incorrecta o no sabe. Posteriormente se llevó a cabo un experimento que los ayudara a rectificar o ratificar la hipótesis. Con las respuestas antes y después del experimento de 440 niños pretendemos estimar si las misconceptions se pueden minimizar o revertir con la experimentación. Mediante regresión logística se obtuvo la razón de las odds de acertar (Exp(B)) en el posttest de los que habían contestado "no sé" antes del experimento (1) entre las odds de los que habían contestado "intuitivamente mal" (0). Así, si la razón de odds es mayor que uno significa que "el reconocer que no saben de antemano" le da ventaja sobre el niño que tiene la idea equivocada de principio. De las cuatro ideas previas equivocadas mencionadas arriba, los Exp (B) obtenidos son: 1) Los cuerpos más pesados caen más rápido= 1.136 (p=0.788) (los que habían contestado "no sé" acertaron 1.136 veces más que los que habían contestado intuitivamente mal), 2) el aire sí pesa Exp(B)= 0.627 (p=0.318), 3) hace más frío al amanecer Exp(B)=2.38 (p=0.114), y 4) la temperatura de los objetos es igual Exp(B)= 0.769 (p=0.68). En ninguno de los casos la diferencia fue significativa, en la mitad de las 4 preguntas elegidas la respuesta correcta favoreció a quienes habían contestado "no sé" y en la otra mitad a los que contestaron intuitivamente mal. Con esto concluimos que, con el experimento o razonamiento apropiado, es posible reducir las ideas equivocadas que obstaculizan el aprendizaje.

SE04-6

DECIMA OLIMPIADA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA FACIMAR DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA

Gaviño Rodríguez Juan Heberto¹, Torres-Orozco

Ernesto², Reyes Ezequiel³ y Galicia Pérez Marco Antonio¹

¹Universidad de Colima, UCOL

²FACIMAR, UCOL

gjavinho@gmail.com

En la decima 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 112 alumnos de las diversas instituciones, de los cuales 61 (24 mujeres y 37 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 43 lo cual es semejante a lo observado 2012-17, cuando se han registrado promedios de 47, 49, 43, 42, 42 y 41 # la moda se ubico en 42, el mayor puntaje alcanzado fue de 70, el cual está en la cota inferior respecto a pruebas pasadas (74, 86, 74, 68, 77, 68 aciertos) y el mínimo de 22. 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 120 minutos con un tiempo mínimo de 43 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 #5(11), #24(11), #4(10), #30(8) de la Universidad de Colima en esta ocasión # los primeros lugares correspondieron al Bachillerato #4 (1, 2 y 4) y #1 (3 y 5)

SE04-7

TERRA DIGITALIS: REVISTA INTERNACIONAL DE MAPAS EN LÍNEA

López-Quiroz Penélope¹, Ferrari Luca² y Osorno-Covarrubias Francisco Javier²

¹Centro de Geociencias UNAM, CGEO-UNAM

²Instituto de Geografía, UNAM

penelope@geociencias.unam.mx

Terra Digitalis es una revista arbitrada e internacional de mapas en línea, que se encuentra en el proceso de ser indexada. Está editada por los Institutos de Geografía, Geología, Geofísica y los Centros de Investigaciones en Geografía Ambiental y de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Su propósito es proveer un foro para la publicación y consulta de mapas temáticos relacionados con las Ciencias de la Tierra y la Geografía, entre otras disciplinas, con el objetivo de facilitar la difusión en línea de trabajos cartográficos digitales y su reconocimiento como productos científicos, auxiliares en el proceso de enseñanza. Se presentarán las normas cartográficas, editoriales y las características de los diferentes formatos de publicación de mapas, incluyendo los mapas estáticos (*.pdf), interactivos y dinámicos (elaborados en un Sistema de Información Geográfica), así como los mapas 3D, las colecciones de datos geocientíficos y las reseñas de servicios OGC institucionales. A lo largo de un año y medio, la revista ha publicado tres números y un total de 13 mapas, incluyendo 3 estáticos, 1 dinámico y 9 interactivos, de los cuales 2, son también 3D. 38% de los mapas son del área de Geografía y 62% del área de Ciencias de la Tierra. Algunos de los mapas publicados son: 1. Mapa interactivo de las fallas cuaternarias de México, 2. Mapa dinámico de la subsidencia acumulada en la Ciudad de México, 3. Cartografía geológica interactiva para la gestión del patrimonio y la planeación de rutas geoturísticas: aplicación en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo, 4. Cartografía Geológica Digital e Interactiva y Base de Datos Geocronológica del Cinturón Volcánico Transmexicano y Áreas Contiguas, 5. Mapas estáticos de la evolución de la distribución de las reservas de hidrocarburos de las Provincias Petroleras Mexicanas, 6. Cartografía Temática interactiva y 3D del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y Propuesta de Senderos Geoturísticos. Todos los mapas publicados pueden consultarse en el sitio web de la revista: terradigitalis.unam.mx.

SE04-8

LA NUEVA COLECCIÓN DE ROCAS Y LITOTECA DEL CAMPUS UNAM-JURIQUILLA. UN PROYECTO PAPIME-UNAM

Aguirre Díaz Gerardo de Jesús
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ger@geociencias.unam.mx

La Colección de Rocas del Campus Juriquilla-UNAM es una colección de ejemplares de roca de los tipos principales que incluyen rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, así como una colección de minerales, con el propósito de ser utilizada para fines didácticos y de exhibición. Está temporalmente albergada en la Unidad Multidisciplinaria de Investigación y Docencia (UMDI) de la Facultad de Ciencias en el campus UNAM-Juriquilla, como parte de la carrera de Ciencias de la Tierra. Se mudará a la nueva ENES que se está construyendo en el campus Juriquilla. Es una colección con formato de Litoteca, es decir, un sitio donde se pueden encontrar una amplia diversidad de tipos de rocas debidamente catalogadas y almacenadas, cuyos ejemplares serán fácilmente localizados para usarse durante cursos de licenciatura y posgrado por los estudiantes y profesores. La carrera de Ciencias de la Tierra y el Centro de Geociencias del campus Juriquilla-UNAM no contaban con una colección de rocas para ser utilizadas para prácticas de laboratorio en diferentes cursos que requieren de ejemplares de roca para trabajar con ellos. Tampoco se contaba con una buena colección con fines de exhibiciones temporales debidamente catalogada y con una amplia variedad de rocas. La finalidad de esta colección es par el concepto de ve-toca-practica-y-aprende además de para fines de exhibición (sólo ver). Para esto, se requieren ejemplares con láminas delgadas para poder observar sus características con el microscopio petrográfico además de su inspección megascópica con el ejemplar de mano. Cada ejemplar incluye muestras de mano y láminas delgadas. Cuenta también con una ficha técnica y número de catálogo, así como un sitio en una gaveta para guardarlo y encontrarlo fácilmente. La Colección de Rocas estará abierta a todo el público, incluso para visitas escolares de nivel básico, medio y superior. El acceso virtual estará disponible mediante el sitio de Internet de la colección. La colección estará continuamente actualizándose, en mantenimiento, y en crecimiento. En este proyecto han participado académicos, como Alfredo Victoria Morales y Timothy Lawton, y sobre todo varios estudiantes que han trabajado en la colección, realizando prácticas profesionales, servicio social, veranos de investigación o voluntariado, incluyendo a Karina Rodríguez, Juana Hernández, Geraldine Vásquez, Katia Jasso, Carmen Calderón, Ricardo Miranda. La colección se creó con financiamiento del Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE101816.

SE04-9

MUSEO DE CIENCIAS CHICXULUB – PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE YUCATÁN

Mendoza Zeus¹, Urrutia Fucugauchi Jaime², Pérez-Cruz
Ligia², D'Acosta Fernando³ y Godoy Montañez Raúl¹
¹Parque Científico y Tecnológico de Yucatán
²Universidad Nacional Autónoma de México
³ECAURSA
freelanzed@gmail.com

El Museo de Ciencias Chicxulub forma parte de los programas del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán y del SIIDETEX. A través de un conjunto de exposiciones, audiovisuales, simulaciones y experimentos interactivos, los visitantes del Museo son conducidos a una de las aventuras más fascinantes en la ciencia moderna. Una aventura que permitirá apreciar como los estudios en campos muy distintos y sin conexiones aparentes se han entrelazado para investigar la evolución del planeta, del sistema solar y de la vida. En las pasadas tres décadas, las investigaciones sobre el impacto Chicxulub, las extinciones masivas y el límite Cretácico/Paleógeno han abierto nuevos campos de estudio, cambiando las concepciones sobre los procesos geológicos, mecanismos de interacción y retroalimentación de los sistemas terrestres litosfera-atmósfera-hidrosfera-biosfera, las colisiones de asteroides y cometas, la evolución de la vida, formación de las superficies planetarias y la evolución del sistema solar. Las investigaciones, que en su inicio involucraron geofísica, geología, química, biología y paleontología, actualmente abarcan muy diversas disciplinas, explorando interconexiones, integrando datos e hipótesis dentro de contextos cada vez más amplios. Los estudios han además contribuido a las investigaciones del origen y evolución del Golfo de México y del Caribe y en especial de la plataforma carbonatada de Yucatán. La estructura del cráter tiene relaciones con las características geológicas de la península, los flujos de agua subterránea, la intrusión de agua marina, formación de estructuras cársticas y cenotes y la morfología superficial y de las zonas costeras. En la serie de exposiciones interactivas se muestra como los estudios sobre la colisión de un asteroide a fines del periodo Cretácico hace 66 Ma se han transformado en un campo de estudios multi- e interdisciplinario sobre la evolución de la vida, el planeta y el sistema solar - ¿qué preguntas permanecen y cuáles son las perspectivas futuras? El Museo cuenta con un conjunto de exposiciones, audiovisuales, equipos interactivos, simulaciones, maquetas, modelos a escala y materiales de investigación, tales como meteoritos, núcleos de perforaciones, muestras de rocas de impacto y fósiles, distribuidos en 4 salas de exhibición.

SE04-10

EL MUSEO EN TU ESCUELA: EXPERIENCIAS DEL MUSEO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM

Soler Arechalde Ana María¹, Islas Mario¹, Bravo Manuel¹,
Bautista Lorena², Gutiérrez Rodrigo³ y Rosado Alejandro⁴
¹Museo de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Facultad de Ciencias UNAM
³ESIA, Instituto Politécnico Nacional
⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra
anesoler@geofisica.unam.mx

Mostraremos los aciertos y dificultades de llevar actividades relativas a Ciencias de la Tierra para los estudiantes de las Secundarias Técnicas de la CDMX. El impartir clases en el nivel medio es uno de los que requiere la mayor creatividad para lograr que los alumnos presten atención y se logre la transmisión del conocimiento. Después de tres años de participar en las Jornadas del Museo en tu Escuela presentaremos nuestras experiencias para la adecuación de los diversos talleres con que cuenta el Museo de Geofísica para los diferentes niveles. También discutiremos como ha cambiado nuestra actitud hacia los jóvenes para que tomen conciencia de la ciudad y país en el que viven, más aún después de los sismos de septiembre de 2017.

SE04-11

UNA PROPUESTA DESDE EL ÁMBITO DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA PARA LA EDUCACIÓN Y LA PROMOCIÓN DE LOS GEOPARQUES MEXICANOS

Martínez Jesús Daniel y Cortina Urrutia Lucila Margarita
Instituto de Geofísica, UNAM, IGEF
boletin@geofisica.unam.mx

El tema de los Geoparques Mexicanos, que en el mes de mayo del 2017 fueron designados como parte de la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO, es relevante en el ámbito de las Ciencias de la Tierra debido a que representan polos de desarrollo regional y son promotores de importantes cambios en la vida de los habitantes de los sitios designados. Por esta razón, impulsar su conocimiento a nivel nacional e internacional y favorecer el desarrollo de sus fortalezas en el área de las Ciencias de la Tierra, la Economía, la Cultura y el Medio Ambiente, contribuirá para que los Geoparques Mexicanos alcancen las metas y retos que la organización internacional establece para los integrantes de su prestigiosa Red Mundial de Geoparques. Buscar el posicionamiento de los Geoparques Mexicanos y destacar el geopatrimonio de cada uno de ellos como un recurso de comunicación y educación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra serán los propósitos de la propuesta para la realización de una Serie de Televisión. Serie que será distribuida a través del Canal Iberoamericano de Televisión y también exhibida en diversos encuentros y festivales de divulgación de la ciencia. Los contenidos de la serie serán producidos para dar a conocer de una manera amena el impacto científico, educativo, social y económico de los Geoparques Mexicanos en el desarrollo regional del país, a través de mostrar las riquezas geológicas, naturales y culturales de los sitios. Explicaremos los procesos y alianzas interinstitucionales para su realización, así como los beneficios y ventajas de su producción y difusión. Palabras Clave: Geoparques, Educación, Comunicación, Ciencias de la Tierra.

SE04-12

AQUIDPLOT: UNA NUEVA HERRAMIENTA DOCENTE GRATUITA PARA INTERPRETAR PRUEBAS DE BOMBEO EN ACUÍFEROS USANDO CURVAS-DIAGNÓSTICO

Hernández-Espriú Antonio¹, Gómez-Espinoza Víctor¹,
Cruz Antonio², Riestra Ernesto³ y Pérez-Márquez Raúl¹
¹Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM
²Consultor
³Metagraphos
ahespriu@unam.mx

Las pruebas de bombeo siguen representando la opción más utilizada para estudiar la respuesta hidráulica de pozos y acuíferos en hidrogeología. En la ingeniería petrolera, el análisis de pruebas de presión en yacimientos de aceite y gas se realiza primordialmente mediante la respuesta de la derivada logarítmica de la presión, identificando de manera más precisa efectos de fronteras, heterogeneidades, daños en el pozo, flujo controlado por fracturas o geometrías radiales, entre muchos otros. En la hidrogeología, esta técnica es muy poco utilizada en el ámbito de la ingeniería y prácticamente inexistente en el sector docente de las aguas subterráneas. En el Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería (UNAM) desarrollamos una nueva herramienta docente para fomentar en profesores y alumnos del área, el uso del análisis derivativo en la interpretación de pruebas de bombeo en un solo pozo. AquidPlot (Acuifer Diagnostic Plot) es una suite computacional de tres programas: (1) AquidPlot-XLS, una hoja de cálculo interactiva desarrollada en Visual Basic implementada en MS Excel, (2) AquidPlot-Web, una plataforma amigable en internet y (3) AquidPlot-App, una aplicación para dispositivos móviles, ideal para ejecutar e interpretar pruebas de bombeo a escala de campo. Los usuarios pueden crear una

cuenta para guardar las pruebas de bombeo analizadas. Además, la herramienta contiene curvas teóricas de la respuesta del abatimiento y su derivada considerando modelos comunes y un listado de referencias actualizadas. La herramienta contiene adaptaciones de soluciones analíticas de gas y aceite para ser usadas en el ámbito de la hidrogeología, por lo que, el usuario puede suavizar la derivada mediante un algoritmo de diferenciación, interpretar parámetros convencionales (T, k, s) y parámetros específicos de cada modelo de acuerdo a geometrías de flujo radial, esférico, lineal y bilineal, como distancia a fronteras, conductividad de fracturas, ancho de acuíferos-canal y muchos otros. AquidPlot está compilado en inglés para una mayor difusión y puede usarse de manera gratuita en www.aquidplot.com. AquidPlot fue financiado gracias al proyecto PAPIIT-DGAPA-UNAM IN-112815.

SE04-13

PROTOTIPO DE SISTEMA GEOFÍSICO PARA LA REALIZACIÓN DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO ENFOCADO A LA ENSEÑANZA EN PROSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Ortiz Osio Manuel, Tejero Andrés y García Serrano Alejandro
Facultad de Ingeniería, FI UNAM
soff.rpg@gmail.com

Los sistemas de adquisición de datos de prospección geofísica son diseñados y elaborados, en su gran mayoría, por empresas y compañías con suficiente capital y recursos humanos como para patentar un equipo con buenas especificaciones técnicas, grandes ventajas a la aplicación del método y amigable con el usuario. Son estas características las que convierten a este tipo de sistemas en un producto relativamente caro y difícil de costear para instituciones educativas. Los equipos de prospección electromagnética trabajan con base en dos circuitos fundamentales: uno capaz de controlar una corriente eléctrica (transmisor) y otro capaz de realizar mediciones de diferencia de potencial (receptor). La complejidad del circuito transmisor dependerá de la amplitud de la corriente eléctrica que se desee manejar, mientras que la del circuito receptor lo hará de la resolución requerida por el estudio. El método transitorio electromagnético se basa en la inducción de corrientes eléctricas en el subsuelo mediante una espira transmisora. Cuando la corriente eléctrica estacionaria en el transmisor es abruptamente interrumpida, se induce un campo eléctrico que genera corrientes eléctricas en los materiales conductores. Las corrientes inducidas varían rápidamente espacial y temporalmente, produciendo un campo magnético transitorio. La variación temporal de este campo es percibida mediante una diferencia de potencial en una espira receptora. Un dispositivo cuyo circuito transmisor sea capaz de manejar una intensidad de corriente de 50 [A] y que el homólogo receptor tenga la capacidad resolutive de 10 [μ V], son especificaciones suficientes para la aplicación del método transitorio electromagnético. Las ventajas de un dispositivo de este calibre son varias: partiendo de ser un equipo aplicable a la enseñanza de asignaturas afines a la prospección electromagnética, pasando por ser un sistema de fácil acceso para demostrar la física involucrada en la aplicación, hasta llegar a ser un dispositivo económico que se podría construir en cualquier universidad.

SE04-14

METODOLOGÍA DOCENTE PARA LA ENSEÑANZA DE LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA ASISTIDA USANDO VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Macías Medrano Sergio Enrique, Mancera Javier y Hernández Antonio
Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM
sergioenriquemm@gmail.com

Las tecnologías de la información geoespacial representan para las Ciencias de la Tierra un área consolidada que ha reconfigurado las metodologías para adquirir datos cartográficos, mejorando su calidad y eficiencia. Este punto ha despertado el interés de los especialistas en el estudio de procesos de formación y evolución de las rocas. Conscientes de las dificultades para acceder a ciertos sitios en campo por la inestabilidad de las laderas y ante la necesidad de obtener cartografía a detalle para beneficio social, se han incorporado tecnologías vía remota para adquirir datos geológicos en superficies de roca, con asistencia de la geodesia, la topografía y la fotogrametría digital a través de sensores como InSAR (Interferometría de Radar de Apertura Sintética), LiDAR (Laser imaging Detection and Ranging) y VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados), entre otros. El Grupo de Hidrogeología ha comenzado a promover entre los estudiantes de las ingenierías de la Tierra, la enseñanza de la 'caracterización geológica asistida', concepto relacionado a la adquisición semiautomática de datos geológicos para la caracterización de afloramientos. La primera fase en estudio se ha centrado en la evaluación semiautomática de planos de discontinuidad usando VANT de bajo costo. En este trabajo presentamos desarrollos docentes centrados en el diseño de cuatro prácticas que representan la evolución del conocimiento desde los principios de la fotogrametría hasta la manipulación de nubes de puntos capturadas con VANT, para su posterior interpretación geológico-estructural. Durante el proceso, se proponen los siguientes temas dentro de las prácticas fotogramétricas: 1. Fotogrametría digital terrestre, 2. Fotogrametría digital aérea, 3. Obtención de nubes de puntos (Post-proceso), 4. Extracción de familias de discontinuidades, caracterización de planos representativos y comparación con mediciones manuales. La introducción

del material dentro del programa de la carrera de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM representa una nueva área de oportunidad para que el estudiante conozca y se familiarice con disciplinas fotogramétricas que permitan potencializar el proceso de enseñanza-aprendizaje en materias como mecánica de rocas, sistemas de información geográfica o hidrogeología, entre muchas otras. Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE04-15

PROPUESTA PARA LA COMPETENCIA DOCENTE EN EL DISEÑO Y CREACIÓN DE CURSOS EN LÍNEA EN EL IGF, UNAM

Cortina Urrutia Lucila Margarita¹ y Cortés Alejandra²
¹Instituto de Geofísica, IGEOF
²Instituto de Geofísica
lucila@geofisica.unam.mx

La educación se ha ido transformando históricamente para satisfacer las necesidades de supervivencia y adaptabilidad del ser humano, creando conocimiento y desarrollo tecnológico con nuevos códigos compartidos que han determinado sus entornos de aprendizaje. El vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología están impactando los modelos educativos tradicionales, obligando a generar una nueva competencia docente. Actualmente es una necesidad para todas las instituciones educativas en todos sus niveles, el de ampliar los entornos de aprendizaje con medios virtuales. La Unidad de Educación Continua y a Distancia del Instituto de Geofísica, propone, 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, a través de cursos, talleres, diplomados y conferencias a profesionales y docentes, probando la utilización de nuevas tecnologías y modelos pedagógicos modernos. El objetivo de este trabajo es el de presentar las estrategias y experiencias para innovar la práctica docente en la comunidad académica del IGF para la creación de los cursos en línea como una herramienta que les permita atender con la misma calidad la trasmisión del aprendizaje. Palabras clave: Educación Continua, Ciencias de la Tierra, Plataformas Virtuales

SE04-16

PLANETEANDO: EL VIDEO-BLOG DE CAMBIO CLIMÁTICO

Pilatowsky Gruner Raiza y Bastien Olvera Bernardo Adolfo
University of California, Davis
rpilatowsky@ucdavis.edu

¿Los gases de efecto invernadero son los malos de la película? ¿Podemos comparar los sistemas energéticos con Pokémon? ¿Es posible resumir la historia de la Tierra en 12 videos de 5 minutos? El Día de la Tierra de 2017, dos estudiantes de Maestría emprendimos la siguiente misión: compartir nuestro conocimiento de cambio climático a través de una serie de videos cortos y accesibles para todo público. Así fue como nació Planeteando, el único video-blog en México que se enfoca en la comunicación del cambio climático y otros temas de las ciencias de la Tierra. El objetivo de esta presentación es compartir y discutir nuestra experiencia con este proyecto. Usando el estilo de "youtubers" mexicanos populares, el contenido de Planeteando tiene un tono cómico y juvenil, con memes, lenguaje coloquial y analogías con temas de cultura popular. Inicialmente, nuestros videos trataban diferentes temáticas alrededor de la física del cambio climático, y con el tiempo hemos ido añadiendo temas sociales y políticos, así como videos sobre ciencias de la Tierra en general. Difundimos nuestro contenido principalmente a través de Youtube y Facebook, aunque también nos apoyamos de otras redes sociales. También, creamos un blog escrito en el que jóvenes profesionales de las ciencias de la Tierra comparten artículos relevantes en relación a su especialización, como los terremotos recientes en México, la geopolítica del cambio climático, los efectos de la basura en los océanos, entre otros. Además, colaboramos continuamente con otros "youtubers" mexicanos y latinoamericanos para poder llevar estos temas a más público. Conforme el proyecto crece, nuestra meta es incluir más a nuestro público, considerando sus opiniones sobre los videos ya existentes así como analizando los temas de más impacto.

SE04-17 CARTEL

DESARROLLO DE HABILIDADES PARA EL MANEJO DE EQUIPOS ANALÍTICOS, EN LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN, PARA ESTUDIANTES DE NIVEL LICENCIATURA Y POSGRADO

Hernández-Tirado Arturo Erubiel¹, Chavero Anaya Luis Bernardo¹,
Muñoz Torres María Carolina² y Vega-González Marina²

¹(UMDI-FC-JURIQUILLA/CGEO)-Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²CGEO-Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
arturoht@ciencias.unam.mx

El uso de datos obtenidos en laboratorio es la base de las carreras científicas, ya que a través de ellos se obtiene información sobre fenómenos de interés en

cada área. Para obtener resultados de calidad es fundamental el conocimiento y manejo de los equipos analíticos de los laboratorios de investigación. Durante los cursos impartidos en licenciatura y posgrado en los que se tocan temas sobre técnicas de análisis, se trasmite conocimiento básicamente teórico y, aquellos que tienen una componente práctica apenas acercan al estudiante a las técnicas un nivel introductorio, pues el tiempo y el espacio son insuficientes para profundizar en ellas. Con esto la parte de la experiencia directa es insuficiente para llegar a comprender el funcionamiento de una técnica y poder interpretar los resultados obtenidos de manera correcta. En muchos casos los estudiantes requieren usar algún equipo analítico para el desarrollo de su tesis, su poca experiencia sobre su uso aunada a la presión por entregar resultados y avances puede provocar que se cometan errores metodológicos desde el muestreo, la seguridad en el laboratorio, el análisis de las muestras y el manejo de los datos obtenidos. En el caso de estudiantes de bachillerato, el contacto con equipos de análisis es mínimo, por lo tanto sólo tienen noción de su existencia. El tener acceso a ellos les abre el panorama y puede incluso influir en su elección de una carrera universitaria. Para contribuir al acercamiento y conocimiento de diversas técnicas de análisis se diseñó el proyecto PAPIME (PE105817) "Fomento al desarrollo de habilidades, para el manejo de equipos analíticos en los laboratorios de investigación, para estudiantes de licenciatura y posgrado". El proyecto tiene como objetivo desarrollar en los estudiantes las habilidades suficientes para el manejo de equipos analíticos; estas habilidades les permitirán desenvolverse con soltura y seguridad en un laboratorio de investigación, lo que les da mayor confianza en el aprendizaje al reforzar sus conocimientos teóricos con la práctica. Adicionalmente, les brindan una experiencia que les facilita, al término de sus estudios, su incorporación al mercado laboral. El objetivo se logra a lo largo de un semestre mediante una capacitación en alguna de las técnicas con las que cuentan los laboratorios de Geoquímica de Aguas y Fluidos Corticales del Centro de Geociencias. Los participantes pueden elegir entre la espectrofotometría de absorción atómica (AAS), la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), la microscopía electrónica de barrido (SEM), la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopia de infrarrojo (IR). El estudiante interesado aprende desde el tipo de mantenimiento que requiere un equipo, cómo usarlo, metodologías de análisis y tratamiento de datos a una edad temprana. La buena aceptación del proyecto por parte de los estudiantes es un indicativo de que se está cubriendo un hueco existente en su formación. A un año de su creación, el proyecto ha trabajado con 52 jóvenes de los niveles técnico, bachillerato, licenciatura y posgrado.

SE04-18 CARTEL

EL DIPLOMADO EN SISMOLOGÍA PARA PROFESORES DE BACHILLERATO EN EL CONTEXTO DE LOS SISMOS DE 2017

Pérez-Campos Xyoli¹, Bello Delia¹, Domínguez Rivas Jaime², Cruz José Luis¹, Mendoza Carvajal Antonio de Jesús¹, Navarro Estrada Fernando¹ y Pérez Jesús¹

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México
xyoli@igeofisica.unam.mx

Durante el primer semestre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) diseñó un diplomado, en modalidad mixta, en sismología para profesores de bachillerato. Su objetivo son brindar a los participantes ejemplos para fomentar el interés de sus estudiantes por las ciencias de la Tierra. Está conformado por seis módulos: 1) mecánica, 2) óptica, 3) física del interior de la Tierra, 4) sismología, 5) instrumentación sismológica y 6) tecnologías de la información y comunicación aplicadas a la sismología. Su duración es de 170 horas. En junio de 2017 ingresó la primera generación, inicialmente con 34 participantes; sin embargo, para el comienzo del módulo 4, a finales de agosto, sólo quedaban 10. Justo a la mitad del módulo de sismología ocurrieron los sismos de septiembre, dos de los más importantes que han ocurrido en nuestro país. Esto representó un reto en la logística y en la impartición del diplomado, pues los recursos humanos del SSN se vieron abrumados por la demanda de trabajo; sin embargo, se retomó el diplomado y los sismos representaron una oportunidad de aprendizaje invaluable para los participantes del diplomado. Se les presentaron ejemplos basados en datos e información reciente y material que les sirvió para tratar el tema de los sismos con sus alumnos y colegas. Otra de las actividades importantes fue la construcción de un sismómetro mecánico basado en el modelo AS1 de IRIS. El reto fue la implementación de una interfaz gráfica para lo cual los profesores usaron desde osciloscopios hasta un celular montado en el brazo del sismómetro. En mayo de 2018, los participantes presentaron sus proyectos finales, en los cuales brindaron evidencias variadas de la aplicación de lo aprendido en sus salones de clase.

SE04-19 CARTEL

DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UNA MAQUETA DE PLACAS PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL EN ARENA COMÚN, VARIANDO LA HUMEDAD

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Vázquez Sánchez Raúl, Alonso Ruiz José Francisco, Mejía Pérez José Alfredo, Ventura Marroquin Julia Isabel, Téllez de la Cruz Oscar Alexis, Rosas Rosales Perla Sagrario y Coba Baez Alfredo Yael
Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
jose.gogu@gmail.com

La teoría electromagnética requiere de los modelos experimentales y computacionales para su mejor comprensión. Es por ello que el desarrollo de algunas prácticas de laboratorio se vuelve indispensable. La medición directa del campo eléctrico no es algo trivial, por lo que es útil generar una función de diferencia de potencial (voltaje) y, a partir de la teoría, generar una función de campo eléctrico, para poder modelar líneas equipotenciales y la variación del campo eléctrico en un medio, resulta una alternativa didáctica muy útil. En esta oportunidad se muestran los resultados de una prueba de laboratorio aplicada a una maqueta de placas para determinar el comportamiento del voltaje y el campo eléctrico en arena común, variando la humedad. Los datos son modelados en 3D y a partir de un análisis de dichos comportamientos se infieren algunos parámetros electromagnéticos. Para lograr dicho propósito se emplea una fuente de 30 V, de corriente directa; así mismo, esta idea nos permite realizar experimentos similares para diferentes configuraciones de placas

SE04-20 CARTEL

PÁGINA DE INTERNET DE GEOFENÓMENOS, ESIA TICOMÁN, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Salazar Peña Leobardo¹, Zenteno Jiménez José Roberto¹, Chávez Hernández Omar Cristian¹, Romero Espejel Héctor¹, Galaviz Alberto², Hernández Osoy Ariadna², González López Martina¹, Pérez Peña Luisa Cristina¹, Mejía Cisneros Nohemi¹, Castañeda Leónides Fausto¹ y López Ceja Juan Carlos¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, IPN

²Centro Nacional de Prevención de Desastres

³Comisión Federal de Electricidad
lsalazar@ipn.mx

Se diseñó material computacional para una página de internet, que conjunta diferentes fenómenos terrestres que suceden en México. Se ejecutaron los ejercicios computacionales denominados animación, simulación y modelación computacional orientadas a divulgación. La animación emplea representaciones terrestres hipotéticas, la simulación usa representaciones terrestres reales y la modelación es la misma simulación adicionando modelos matemáticos y confrontación con datos reales. En el diseño web se contó con la ayuda de la Coordinación General de Servicios Informáticos del IPN, portal Web Institucional. La serie de fenómenos terrestres que se divulgan en la página son: terremotos, tsunamis, volcanes, agrietamientos geológicos, contaminación atmosférica, deslizamientos terrestres, deformación y social-económico. Hasta ahora, son cuatro fenómenos que cuentan con modelación computacional basado en modelos matemáticos: terremotos, tsunamis, volcanes y contaminación atmosférica. En este tema se buscará progresar en la reproducción de otros fenómenos o en las mejoras o adaptaciones de los modelados ya logrados. De manera general en la página se explican los diversos fenómenos incluyendo texto y figuras alusivas, se ofrecen ejemplos de modelación para casos especiales o de interés social, en forma de video. Se reporta en algunos casos, incluyendo la fuente de información proporcionada por otros centros y universidades. En tiempo real se incursiona en los fenómenos de contaminación atmosférica y en los tsunamis. La página cuenta con sus redes sociales como página de facebook, canal de youtube, twitter y google plus, por lo que se adapta a las formas actuales de comunicación y divulgación por internet.

SE04-21 CARTEL

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VIDEO WALL MODULAR, DE BAJO COSTO, BASADO EN RASBERRY-PI APLICADO AL DESPLIEGUE DE INFORMACION DE MODELOS DE PRONÓSTICO, CON FINES DE DIVULGACIÓN

Robles Miguel Angel¹, Pantoja Ortiz Samantha¹, Silva Cuauhtemoc¹, Zavala-Romero Olmo² y Zavala-Hidalgo Jorge¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Miami University

miguel.robles@atmosfera.unam.mx

Los sistemas de video wall permiten mostrar información multimedia, generalmente video, de manera modular sobre equipos de despliegue (pantallas, proyectores, arreglos LED, etc). Este despliegue modular permite ampliar el área visual útil, por

ejemplo: visualizar un mapa en 4 monitores en lugar de uno sólo; lo cual, con fines de divulgación es sumamente llamativo. Una ventaja de un sistema modular es que se puede aumentar el área visual de manera paulatina y sin necesidad de desechar el sistema de despliegue original, en casos en los que el presupuesto inicial no sea suficiente o el diseño de visualización se amplíe. Existen diferentes maneras de implementar un sistema video wall, tradicionalmente se hace utilizando hardware dedicado, es decir con equipo que hace la división de la señal de video utilizando una computadora con tarjetas gráficas y software dedicado. Esos sistemas son costosos y no son tan flexibles. Actualmente los avances en circuitos integrados han permitido fabricar equipos de cómputo, de tamaño reducido, capaces de reproducir video por HDMI en diferentes resoluciones. En este trabajo se presenta el uso de uno de estos equipos de cómputo: la Raspberry Pi, en la implementación de un sistema de video wall. El sistema permite el despliegue de videos de manera sincronizada sin límite teórico de unidades de despliegue (pantallas). Además, comparado con otras implementaciones similares, reduce el ancho de banda utilizado para videos que deben repetirse (no transmisiones en vivo). Se reduce el consumo de energía de dos maneras: 1. Estos sistemas de cómputo consumen mucho menos energía que una computadora de escritorio y; el despliegue se desactiva automáticamente por las noches en un horario programable. Adicionalmente, se desarrolló la generación automática de videos compatibles con el sistema. Se convierten imágenes y páginas web (como OWGIS) generadas como producto del pronóstico realizado por el grupo de interacción océano atmósfera del CCA. Esta automatización permite desplegar información actualizada con mínima intervención humana.

SE04-22 CARTEL

ADIÓS A LOS PLÁSTICOS: PROGRAMA DE INTERVENCIÓN PARA LA SUSTITUCIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO EN TIENDA UNAM

López Valdés Néstor¹, Caballero Cervantes Griselda Guadalupe², Obregón Pérez Alma Virginia², Carrillo Medina Haide², Nava Araceli², Arteaga Turcotte Carlos², Gutiérrez Padilla Luis¹, Ímaz Gispert Mireya¹, Quiroz Suárez Diego³, Vargas García Diana⁴ y Ortiz Quintero Eleazar³

¹DGACO, UNAM

²DGSA, UNAM

³Posgrado Ciencias de la Tierra, PCT

⁴FI, UNAM

nestorlopez@sustentabilidad.unam.mx

La dependencia de hidrocarburos ha generado un gran impacto negativo en el medio ambiente. Cabe señalar que uno de los grandes retos a superar es el de la incorrecta disposición de los residuos plásticos. Estos residuos se han convertido en un gran problema a escala global, en particular aquellos de un solo uso. Entre ellos se encuentran las bolsas de polietileno, las cuales presentan un consumo mundial de 5 billones al año y tardan siglos para degradarse (Unenvironment.org, 2018), de tal forma que, de mantenerse la actual tendencia de generación, para el año 2050 habrá más plástico en los océanos que peces (Jambeck et al., 2015). Nuestra Universidad no se encuentra ajena a este problema, por su parte, la Tienda UNAM presenta un consumo aproximado de 25.5 toneladas de bolsas plásticas al año. Esta tendencia de generación y consumo es insostenible, por ello es necesario buscar alternativas al uso de dichos productos para reducir el impacto ambiental que causan. La UNAM ha desarrollado políticas públicas para dar respuesta a los problemas ambientales existentes, a través de una estrategia con enfoque sustentable llamada EcoPuma, la cual tiene 8 ejes temáticos: Residuos, Construcción Sustentable, Energía, Movilidad, Consumo Responsable, Áreas Verdes, Agua y Administración Electrónica, que deben dar una atención integral y transversal a la crisis socioambiental, por lo cual las bolsas plásticas no pueden ser la excepción. Existen diferentes experiencias en torno a este problema en diversos países alrededor del mundo sobre la política pública implementada con el fin de reducir el consumo en supermercados, con particularidades en los diversos modelos implementados (Álvares y Weidenslaufe, 2013), los cuales es posible agruparlos en dos, aquellos regulados por una política pública desde el Estado, y otros que son parte de un pacto de civilidad comercial sin intervención de normativa. A su vez, la experiencia latinoamericana presenta generalmente la prohibición total, a reserva de Colombia, quien implementó una prohibición parcial con tasa de cobro al usuario final, siendo un caso aislado. El resto de los países fomenta el uso de bolsas reutilizables (Noticias ONU, 2018). La mayoría de los casos presenta una política pública prohibitiva que muestra excelentes resultados, y que por la naturaleza de la misma no ha sido necesaria una campaña de convencimiento dirigida a un público con capacidad de decisión, a lo más, se ha dado un periodo de gracia para la entrada en vigor de la ley rectora y su cumplimiento eficaz (como el caso Español; Muñoz, 2017; Gálvez, S., y Marin, A., 2018) de forma gradual. El caso de Tienda UNAM es totalmente distinto, debido a que, no es una ley prohibitiva de lo que se trata, sino una labor de generación de conciencia, además de inclusiva y participativa. Por ello, se plantea una campaña de comunicación implementada en 4 fases con un enfoque al reemplazo parcial de las bolsas de plástico (90%) por bolsas reutilizables, en donde el restante que siga empleándose (10%) se cobre al usuario final, y deberán estar fabricadas con materiales biodegradables y compostables.

Sesión especial

MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL Y CORDEX

Organizadores:

Tereza Cavazos

Rosa Luna

Gabriela Colorado

Abraham Torres Alavez

SE05-1

RESPUESTA DEL CAMPO SIMULADO DE PRECIPITACIÓN EN MÉXICO A DIFERENTES PARAMETRIZACIONES DE CUMULUS CON EL MODELO WRF

Guillermo Montiel Juan Carlos¹, Cabos Narvaez William David²,
Ochoa Moya Carlos Abraham¹ y Martínez López Benjamín¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Universidad de Alcalá

ggm_215@hotmail.com

La simulación de la evolución del campo de precipitación en nuestro país es de gran importancia debido a los impactos sociales y económicos que representan tanto los periodos de sequías como los de altas precipitaciones. Para este fin, los modelos numéricos de mesoescala que permiten representar el estado de la atmósfera son de gran relevancia. Actualmente el Weather Research and Forecasting (WRF) es un modelo atmosférico de última generación que permite realizar estudios de climatología regional en diversas escalas temporales. En este trabajo, se utilizó el modelo WRF en modo climático para simular el periodo 1995 – 2000 utilizando como condiciones iniciales y de frontera datos provenientes del reanálisis ERA Interim (ERA-I), en un dominio configurado de -140° a -20° en longitud y -8° a 45° en latitud, con una resolución horizontal de 25 km y vertical de 45 niveles. En la superficie, WRF fue forzado prescribiéndole campos variables de temperatura superficial del mar obtenidos también de ERAI. Se realizaron simulaciones para el periodo mencionado utilizando tres diferentes parametrizaciones de Cumulus disponibles en la física del modelo. Los resultados obtenidos en las simulaciones fueron comparados con diversas bases de precipitación disponibles con la finalidad de estimar el desempeño del modelo y su sensibilidad ante los cambios en las parametrizaciones.

SE05-2

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO WRF ANTE EL USO DE LOS ESQUEMAS DE FÍSICA SUPERFICIAL NOAH Y NOAH-MP, PARA UN CASO DE MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL EN MÉXICO

Meza Carreto Jaime, Romero-Centeno Rosario, Zavala-Hidalgo Jorge y Osorio-Tai María Elena
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jjmeza@atmosfera.unam.mx

El modelo numérico de mesoescala WRF (Weather Research & Forecasting) puede ser utilizado como un modelo climático regional, con la opción de usar como condiciones iniciales y de frontera diversos productos de reanálisis. Se realizaron dos simulaciones con el WRF para los años de 1982 y 1983, considerando como condiciones iniciales y de frontera los datos del reanálisis CFSR. El dominio utilizado abarca toda la República Mexicana y las simulaciones se realizaron con una resolución espacial de 10 kilómetros y temporal de una hora. Durante el periodo analizado se presentaron eventos que tuvieron un impacto climático importante en el país: la erupción del volcán el Chichónal y un evento intenso de El Niño. En este trabajo se presenta el análisis de sensibilidad del modelo WRF con el uso de los esquemas de física superficial (LSM, Land Surface Models) Noah y Noah-MP, para las variables de temperatura superficial y precipitación. Para la evaluación del desempeño del modelo se calcularon diversas métricas estadísticas, como son la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error promedio (ME), el error promedio absoluto (MAE), el coeficiente de correlación de Pearson (r) y el índice de concordancia de Willmott (IOA). También se utilizaron métodos gráficos como los diagramas de dispersión y de Taylor. Como base para la comparación de los resultados del modelo WRF con ambos LSM se consideró, para el caso de la precipitación, la base de datos de alta resolución CHIRPS, y para la temperatura superficial se eligió un producto de datos diarios de alta resolución espacial de las temperaturas máximas y mínimas para México, que fue generado a partir de datos observados en las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, observaciones de estaciones de los EUA y datos del reanálisis NARR.

SE05-3

REDUCCIÓN REGIONAL DE ESCALA DE PREDICCIONES GLOBALES MULTIANUALES PARA MÉXICO Y AMÉRICA CENTRAL

Martínez López Benjamín¹, Cabos Narvaez William David² y Sein Dmitry³

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA

²Universidad de Alcalá de Henares, España

³Alfred Wegener Institute, Alemania

benmar@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se presenta una verificación de una serie de predicciones multianuales regionales para América Central y México. Los retroanálisis (hindcast) globales se llevan a cabo utilizando el sistema de predicción decadal MiKlip MPIOM/ECHAM6 con baja resolución espacial. Nuestro enfoque de reducción de escala dinámico utiliza un modelo oceánico global, con una alta resolución espacial horizontal, acoplado a un modelo regional atmosférico y a un modelo de hidrología terrestre global. Las condiciones de frontera laterales y las condiciones

de superficie fuera del dominio acoplado son prescritas utilizando campos tomados de la predicción multianual MiKlip. Se realizó la reducción de escala utilizando tres simulaciones de un conjunto de predicciones globales de hindcast de 10 años de duración, mismas que fueron elegidas por tener el mejor, el peor y el desempeño medio para predecir el campo de temperatura superficial del mar en el dominio del modelo regional. Nuestros resultados muestran que, en general, el mejor desempeño del modelo se encuentra en las regiones costeras del Pacífico, desde El Salvador hasta la Cuenca del Pacífico Norte en México. El modelo tuvo un rendimiento particularmente pobre en el noreste de México, la costa norte de Honduras y el oeste de Guatemala. De acuerdo con todas las observaciones disponibles, el modelo predice severas reducciones de las precipitaciones en el sur de México después de la fase cálida madura de los eventos ENSO de 1982/1983, 1997/1998 y 2015/2016. El buen desempeño del modelo al simular el último evento ENSO es sorprendente, considerando que estas corridas en modo predictivo consideraron la condición inicial del 31 de diciembre de 2012.

SE05-4

PROYECCIONES FUTURAS DE LA SEQUÍA DE MEDIO VERANO SOBRE EL SUR DE MÉXICO Y CENTROAMÉRICA

Corrales Suastegui Arturo¹, Fuentes Franco Ramón², Giorgi Filippo³,
Cavazos Pérez María Tereza¹ y Pavía López Edgar Gerardo¹

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

²Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)

³The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP)

corrales@cicese.edu.mx

El sur de México, Centroamérica (SMCA) y los océanos que la rodean tienen un ciclo anual muy pronunciado en la precipitación, con una temporada de lluvias típicamente de mayo a octubre, presentando un periodo relativamente seco en julio y agosto, a este periodo se le conoce como sequía de medio verano (SMV), sequía intraestival o canícula. La SMV ha sido detectada en una región que abarca desde aproximadamente 10° - 20° latitud norte y 80° - 100° longitud oeste. En esta zona, diversas actividades económicas, principalmente las que tienen que ver con la agricultura, están relacionadas con el ciclo estacional de la precipitación. El propósito principal de este trabajo es tratar de entender como los cambios en el jet de bajo nivel del Caribe (CLLJ) y la temperatura superficial del mar (TSM) cambian la intensidad, frecuencia y extensión espacial de la SMV. Se analizó el conjunto de simulaciones del Rossby Centre Regional Climate model (RCA4) forzado por distintos modelos de circulación general y bajo los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5. El dominio del modelo siguió las especificaciones del COordinated Regional climate Downscaling EXperiment (CORDEX) para Centroamérica. Un periodo de 25 años (1981-2005) se usó como condiciones presentes. Como clima futuro se tomó el segmento 2071-2095. El estudio se enfocó en la temporada MJJASO. Los resultados mostraron que para esta temporada se incrementará la temperatura en los océanos Pacífico y Atlántico, así como una intensificación en el CLLJ y una reducción en la precipitación de ~30 % sobre la región SMCA durante el periodo futuro. Se encontró que para ciertas regiones del área de estudio la SMV será más intensa pero a su vez menos frecuente, lo cual implica una menor extensión espacial de la SMV.

Sesión especial

GEOTERMIA: RESULTADOS Y AVANCES LOGRADOS EN LOS PROYECTOS MEXICANOS

Organizadores:

José Manuel Romo Jones
Gerardo Carrasco Núñez
Luis Carlos Gutiérrez Negrín
Claudia Arango Galván

SE06-1

CÁLCULO Y COMPILACIÓN DE MEDICIONES DE FLUJO DE CALOR A LO LARGO DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Carrillo de la Cruz Juan Luis¹, Prol Ledesma Rosa María²,
Torres Vera Marco Antonio¹ y Espinoza Ojeda Orlando Miguel³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra
²Universidad Nacional Autónoma de México
³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
juanlisc9@gmail.com

Se muestra evidencia del potencial geotérmico de México con base en los datos de flujo de calor generados y compilados para el proyecto de flujo de calor del CeMIE-Geo. El valor promedio de flujo de calor continental y marino de la República Mexicana es mayor que los promedios calculados para la corteza continental de 67.7 mW/m² y la marina de 95.9 mW/m² reportado por Davies (2013). A partir de esto podemos conocer la importancia del potencial geotérmico existente en México. Durante este proyecto se compilaron, calcularon, rectificaron y realizaron mediciones de flujo de calor correspondientes a la porción continental y la zona económica marina de la República Mexicana. Principalmente, los datos recopilados corresponden a publicaciones y bases de datos abiertas, mientras que las nuevas mediciones de flujo de calor se realizaron en el fondo marino con una sonda de flujo de calor FIELAX y en continente con un equipo de medición de temperatura en pozos montado a un miniwinch de la marca Mount Sopris. Los datos presentados cubren la mayor parte del territorio mexicano; además una parte importante de los datos de flujo de calor se encuentran agrupados en zonas de interés económico y científico, lo cual puede redundar en la identificación de nuevas zonas con potencial geotérmico. Agradecimientos: Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

SE06-2

MEDICIONES Y ESTIMACIONES DE FLUJO DE CALOR: ¿ES VÁLIDO DARLES EL MISMO PESO? CONCLUSIONES DEL PROYECTO P-01 CEMIEGEO

Prol Ledesma Rosa María¹ y Participantes del Proyecto P-01 CeMIEGeo²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo); Carretera Tijuana-Ensenada 3919, Zona Playitas, 22860, Ensenada, B.C., México
prol@unam.mx

Las mediciones de flujo de calor tienen una gran importancia en la evaluación regional del potencial geotérmico de un país; sin embargo, la medición de los parámetros necesarios para calcularlo representan un reto técnico y sobre todo económico: pozos profundos con un largo tiempo de reposo y disponibilidad de núcleos para medir la conductividad térmica. Esto ha generado un interés por encontrar atajos que permitan "estimar" el flujo de calor con técnicas que incluyan parámetros más fáciles de obtener: temperatura de fondo de pozo, cálculo de temperatura con el geotermómetro de sílice en manantiales, profundidad de la temperatura de Curie, relación de la concentración de isótopos de ³He/⁴He, profundidad de la capa simuladora del fondo marino (BSR) y la estimación a partir la temperatura superficial calculada con imágenes de satélite multispectrales. Estos métodos se utilizaron con el objetivo de construir un mapa de flujo de calor de la República Mexicana y en el proceso se establecieron las condiciones de validez de estos métodos y la contribución que podrían tener para evaluar la descarga de calor en la superficie. Cada uno de los métodos de estimación genera una confusión acerca de la información que realmente se está obteniendo con cada uno de los métodos y su relación con el valor de flujo de calor. En este trabajo se presenta una evaluación crítica de los métodos de estimación de flujo de calor y las condiciones que se deben de cumplir para que se puedan relacionar con una estimación válida del flujo de calor. Agradecimientos: Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

SE06-3

REEVALUACIÓN DEL MODELO VULCANOLÓGICO-STRUCTURAL DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS, ROMPIENDO PARADIGMAS EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA: RESULTADOS DEL PROYECTO P05, CEMIE-GEO

Carrasco Núñez Gerardo¹, Norini Gianluca², Arzate Flores Jorge Arturo¹, Bernal Juan Pablo¹, Cavazos Jaime³, Cid Héctor³, Corbo Fernando³, Créon Laura⁴, Dávila Harris Pablo⁴, Fernández Francisco⁴, Giordano Guido⁵, Hernández Javier⁶, Lermo Samaniego Javier Francisco⁶, López Martínez Margarita⁷, Jicha Brian⁸ y Peiffer Loic⁷
¹Centro de Geociencias, UNAM, CGEO, UNAM
²Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, CNR, Milán, Italia
³CONACYT, Centro de Geociencias, UNAM
⁴IPICYT, San Luis Potosí, México
⁵University of Roma Tre, Roma, Italia
⁶Instituto de Ingeniería, UNAM, C.U., México
⁷Depto. Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México
⁸University of Wisconsin, Madison, WI, EUA
gerardoc@geociencias.unam.mx

Los Humeros es el tercer campo geotérmico más importante de México (ca. 90 MW). Se encuentra asociado a una caldera volcánica que, apesar de haber sido relativamente bien estudiada, presenta una evolución geológica compleja que dista mucho de ser comprendida, hoy en día. Ello ha motivado una reevaluación del modelo vulcanológico-estructural, a través del Proyecto P05 del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Cemie-GEO), cuyos resultados son importantes en la exploración geotérmica del campo, ya que rompen ciertos paradigmas previamente establecidos. La estructura volcánica muestra contornos asimétricos que revelan un colapsamiento episódico, con la formación de al menos dos calderas anidadas tipo "bizagra" (trap-door): Los Humeros y Los Potreritos; previamente consideradas como tipo "pistón", con dominios (bloques) estructurales asociados a una fase de resurgencia central reciente, responsable del patrón estructural que caracteriza al campo geotérmico y controla en parte el ascenso de fluidos hidrotermales a la superficie (y no asociado directamente a un régimen tectónico regional). La formación de la caldera de Los Humeros es mucho más joven de lo reportado (de 460 a 164 ka), con una reducción significativa de la etapa caldérica de 410 a 85 ka. La combinación de edades U/Th, Ar/Ar sugieren un ensamble muy rápido del sistema magmático (5-10 ka) para un volumen tan grande (ca. 1,200 km³). Todo ello representa condiciones térmicas favorables para considerar una longevidad más prolongada del sistema geotérmico. La actividad del Pleistoceno tardío-Holoceno ocurrió en diferentes sectores de la caldera, incluyendo un extraordinario episodio explosivo de composición bimodal (traquiandesíticas y andesítico-basálticas) con la erupción contemporánea de diferentes bocas eruptivas durante el Holoceno. Este episodio culminó con la erupción de lavas basálticas y traquíticas que representan los eventos eruptivos más recientes del sistema magmático (< 2.8 ka). Este vulcanismo fue controlado estructuralmente por el borde sur de la caldera, conformando un campo de lavas "monogenético", con recurrencia en 2 periodos principales (basado en fechamientos de ¹⁴C y paleomagnetismo), lo que tiene importantes implicaciones de riesgo a futuro. La geología del subsuelo está caracterizada por discontinuidades litostrostratigráficas laterales que se asocian a la complejidad natural y cambios de facies del vulcanismo pre-caldérico y caldérico, y no requieren necesariamente de un modelo de fallas sepultadas para el yacimiento geotérmico. La permeabilidad en el sistema geotérmico es controlada por fallas, pero también por sistemas de fracturamiento complejos y por microporosidad primaria (no considerado antes). La ignimbrita Xaltipan, había sido postulada como la "Roca sello" del sistema, sin embargo sus contrastantes variaciones laterales en litofacies (soldamiento en la ignimbrita Xaltipan) indican permeabilidades muy variables que van desde impermeable hasta altamente permeable. Se identifica un solo yacimiento geotérmico que alimenta al campo, en el que destacan 3 zonas anómalas de mayor flujo de calor y cuya fuente proviene de una profundidad estimada entre 5 y 13 km. La inyección periódica de magmas es un proceso recurrente hasta el Holoceno, que muestra la heterogeneidad de la fuente y su dinámica en asociación con el yacimiento geotérmico

SE06-4

EVALUACIÓN DEL FRACTURAMIENTO ACTUAL EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN EN SUPERFICIE DE CO₂

Dávalos Pérez Vélez Ana María¹, Guevara Alday Jorge Alejandro¹,
Alfaro Cuevas Villanueva Ruth¹ y Lázaro Mancilla Octavio²
¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra - UMSNH
²Universidad Autónoma de Baja California
geocienciaad@gmail.com

El campo geotérmico de Los Humeros es el tercer campo en importancia de México con una producción eléctrica de 80.4 MW, está instalado en el interior de una caldera con el mismo nombre y pertenece al sector este del Cinturón Volcánico Transmexicano. Éste yacimiento es conocido por poseer fluidos supercríticos almacenados en dos reservorios principales, el más profundo está instalado al interior de una sucesión carbonatada con temperaturas que oscilan entre 300° y 330° C. Uno de los problemas principales que posee el yacimiento de Los Humeros es la

identificación de las estructuras geológicas que permiten el ascenso de los fluidos hidrotermales hasta la superficie, en trabajo previos han sido descritas estructuras con tendencias NW-SE asociadas a sistemas de fallas regionales que actúan de forma contemporánea a estructuras NE-SW asociadas a los repetidos colapsos de la caldera. Tomando en consideración que los fluidos hidrotermales utilizan como vía de ascenso las estructuras ya existentes, es sumamente importante identificar aquellas estructuras que tengan más actividad y por lo tanto mayor fracturamiento asociado. El análisis de gases en suelo ha permitido demostrar que las fallas pertenecientes al sistema NW-SE son activas, evidenciado por las concentraciones de CO₂ en superficie. Estos datos se respaldan por información sísmica que muestra actividad en este mismo conjunto de estructuras. Recientemente se ha llevado a cabo una campaña de medición de Rn en algunos sitios de interés identificados previamente a través de la medición de CO₂. Estos datos permitirán fortalecer la interpretación de las estructuras propuestas previamente y proponer nuevas zonas de interés para pozos exploratorios/explotación en el campo de Los Humeros.

SE06-5

IMPLICACIÓN DE LA FALLA ERUPTIVA “XALATAHUI” Y SU REPERCUSIÓN EN LA ACTIVIDAD GEOTÉRMICA AL SUR DEL COMPLEJO VOLCÁNICO LOS HUMEROS, PUEBLA

León García Eduardo Levi¹, Nájera Blas Sergio Manuel², Haro Jimenes Adrian³, García Hernández Oscar Humberto² y Garduño Monroy Víctor Hugo²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Grupo Energía México (GEMex)

³Grupo Energía México (GEMex)
ephi.levi@gmail.com

El complejo volcánico Los Humeros se localiza en el sector oriental del Cinturón Neovolcánico Transmexicano a ~20 km al NW de Perote, Veracruz y a ~20 km al SE de Zaragoza, Puebla. La zona de estudio se encuentra al sur de la caldera, abarcando una actividad volcánica posiblemente ligada a una fractura eruptiva. La actividad eruptiva de la caldera de los Humeros se formó durante el Plioceno (< 0.5 Ma.) hasta el Holoceno (~70 ka.), mientras que la actividad efusiva de la zona de estudio se suscitó en un periodo posterior (< 50 ka.). Esta actividad volcánica se caracteriza por tener una composición basáltica-andesita, coladas de lava poco viscosas que se extienden hasta 40 km con dirección SE, se han identificado en trabajos anteriores aproximadamente 20 centros volcánicos en tres diferentes alineaciones en un trend NE-SW. Por lo que el objetivo de este trabajo es relacionar el sistema de fracturas NE-SW, su ubicación y temporalidad con el campo de esfuerzos actual y sus implicaciones con el sistema geotérmico. Para este estudio se realizó trabajo de fotointerpretación para describir una temporalidad de eventos, litologías, geoformas, fallas geológicas y centros volcánicos. De igual manera, se definieron bloques que nos ayudaron a identificar los seis puntos de interés para llevar a cabo una serie de tres campañas de geoposicionamiento milimétrico con GPS diferencial. Los resultados de los monitoreos arrojaron movimientos que van de 1.591 cm a 2.6 cm por año en dirección relativa hacia el SE. Esto nos sugiere que al menos en este sector del CVTM existe una componente importante con esta migración de bloque y que es coherente con el campo de esfuerzos actual.

SE06-6

EL SISTEMA GEOTÉRMICO EXHUMADO LAS MINAS (VERACRUZ): UN PROXY PARA EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS

Olvera García Emmanuel¹, Garduño Monroy Víctor Hugo², Liotta Domenico¹ y Brogi Andrea¹

¹Instituto de Ciencias de la Tierra y Geomáticas, Universidad de Bari

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
emmanuelog_08@outlook.com

Comprender el flujo de fluidos en los sistemas geotérmicos es uno de los objetivos más importantes en la exploración geotérmica. Este flujo es comúnmente controlado por zonas de fallas (e.g. fluidos migrando lateralmente y verticalmente). Los fluidos geotérmicos son altamente salinos tendiendo a sellar las fracturas, lo que disminuye la eficiencia hidráulica de los conductos (zonas de falla) a través de la precipitación mineral. Los escenarios favorables para estudiar estos procesos son los campos geotérmicos exhumados donde se puede observar y analizar la relación entre los paleo-fluidos geotérmicos y los conductos mediante el estudio de las zonas mineralizadas con el fin de entender los procesos que ocurren a profundidad en los sistemas activos. En la localidad de Las Minas, Veracruz se encuentra un sistema geotérmico exhumado que se considera un proxy del campo geotérmico activo de Los Humeros. En esta área se encontró un cuerpo intrusivo (dimensión batolítica) de composición que varía desde quartzodiorítica a tonalítica, el cual intruyó rocas calizas y margas del Cretácico superior, generando skarns y marmolizando las calizas. En este trabajo se determinó la secuencia litológica de la zona, generando un nuevo mapa geológico de escala 1:20 000. Se reconocieron dos principales tendencias de fallas, una NE-SW y un NNW-SSE, la primera siendo principalmente normal y la segunda laterales con reactivaciones en algunos casos como normales. Las relaciones de corte entre diques e indicadores cinemáticos sugieren que ambos sistemas de fallas podrían ser contemporáneos. Además se observó que existe una estrecha relación entre la intersección de los dos sistemas de fallas y la ubicación del

skarn. Por lo tanto, se podría sugerir un escenario estructural similar en el yacimiento geotérmico del campo Los Humeros.

SE06-7

CARACTERIZACIÓN MULTIESCALAR DE PROPIEDADES PETROFÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DEL MEDIO POROSO EN DISTINTOS NIVELES DE UN POZO GEOTÉRMICO, USANDO MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X, CASO DE ESTUDIO CAMPO GEOTÉRMICO “LOS HUMEROS”

Arteaga Dante, Vega Ruiz Sandra y Carrasco Núñez Gerardo
Centro de Geociencias, CGEO
darteaga@geociencias.unam.mx

Los Humeros es la caldera silícea más grande perteneciente al Cinturón Volcánico Transmexicano, en ella se aloja un campo geotérmico que actualmente produce ca. 93 MW de energía eléctrica. Debido al potencial energético de los yacimientos geotérmicos del país, conocer las propiedades petrofísicas como permeabilidad y porosidad, así como la morfología de los poros, es de invaluable ayuda para tener un mejor entendimiento de los mecanismos de transporte y trayectorias del fluido en su desplazamiento a través de la roca. EL objetivo principal del presente estudio es caracterizar las variaciones de las propiedades petrofísicas y morfológicas a distintas escalas de análisis, así como la relación existente entre ellas. Para ello se utilizaron imágenes de microtomografía de rayos X. La ventaja que nos brinda esta tecnología con respecto a otras técnicas disponibles, tales como inyección de mercurio, porosímetro y permeámetro, radica en su naturaleza no destructiva, así como en la capacidad de obtener la distribución de poros y morfología en forma tridimensional de alta precisión. En el presente estudio, se realizó un análisis multiescalar de una muestra de núcleo a dos niveles de un pozo, obteniendo de cada una de ellas 5 submuestras físicas y 10 digitales, con cuatro resoluciones distintas, 52, 14, 3 y 0.5 micras por píxel. Después de la adquisición digital de las muestras, se segmentó el medio poroso mediante un procesamiento de imagen, con lo cual se obtuvo la porosidad, y propiedades morfológicas, para posteriormente llevar a cabo una simulación de permeabilidad en las muestras que presentaron conectividad del espacio poroso, mediante el empleo de software Avizo. Para tener una comparativa con métodos usuales, se examinaron los resultados obtenidos con medidas experimentales de porosidad y permeabilidad realizadas a través de la inyección de helio. Con lo que se pudo inferir que existe una posible aportación de los microporos al flujo de fluidos adicional a la permeabilidad convencional proveniente del fracturamiento secundario del sistema rocoso. Este trabajo fue financiado por el proyecto P05-CeMIEGeo.

SE06-8

CONDICIONES TERMOMECAÑICAS ROCA/FLUIDO EN UN SISTEMA GEOTÉRMICO SUPERCRÍTICO

Suárez Arriaga Mario César
Asociación Geotermia Mexicana, AGM
mcsa50@gmail.com

El estudio de un sistema supercrítico formado por roca y agua es muy importante en la ciencia geotérmica del futuro inmediato. El fluido supercrítico por sí mismo, es importante en muchas aplicaciones industriales, en turbinas supercríticas, dispositivos de alta presión y en cualquier otro ciclo supercrítico. El gradiente de temperatura entre el núcleo y la superficie de la tierra genera un flujo continuo de calor natural, abarcando una amplia gama de recursos geotérmicos que pueden ser clasificados solo en términos de la profundidad a la que se encuentren. Hay recursos superficiales (cientos de metros), a profundidades medias (miles de metros) y a profundidades aún mayores (decenas de miles de metros), donde se alcanzan las inmensas temperaturas del magma fundido. Tanto la roca como el fluido en reservorios muy profundos se encuentran en condiciones termodinámicas supercríticas, a más de 400°C y presiones superiores a 220 bar. Ahí el fluido supercrítico tiene una densidad más alta, mayor entalpía volumétrica y hay más calor disponible. Estos sistemas podrían proporcionar por lo menos, veinte veces más potencia eléctrica, por unidad de volumen de fluido, que el vapor geotérmico normal a menos de 50 bar, utilizado hoy en día. La termodinámica del fluido supercrítico se conoce bien, pero no ocurre lo mismo con la roca en esas condiciones. Este trabajo introduce resultados de propiedades de roca volcánica tipo andesita, en forma de coeficientes poroelásticos medidos a temperaturas entre 25 °C y 600 °C. Los parámetros fueron obtenidos experimentalmente en un laboratorio del IIM de la UNAM. Estos resultados se presentan por vez primera y son discutidos en forma gráfica. Se ilustra también el potencial geotermoelectrónico de un sistema supercrítico mediante la discusión del ciclo Rankine correspondiente.

SE06-9 PLÁTICA INVITADA

CÓMO SE FORMULAN Y DESARROLLAN LOS MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES DE LOS SISTEMAS GEOTÉRMICOSHerrera Revilla Ismael¹ y Herrera Zamarrón Graciela²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, UNAM

iherrerarevilla@gmail.com

La predicción del comportamiento de los sistemas de la ciencia y la ingeniería tiene gran importancia en la práctica profesional y en la investigación. En la actualidad, tal predicción se realiza por medio de modelos matemáticos y computacionales en los cuales se incorpora el conocimiento científico y tecnológico, en que ellos se sustentan. Por otra parte, los sistemas geotérmicos son físicos y macroscópicos. En esta plática se da una visión general del estado actual del desarrollo del software aplicable a los sistemas hidrotermales, así como de la metodología que se usa para construirlos.

SE06-10

ESTUDIOS DE LA PERMEABILIDAD MEDIANTE MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X Y SIMULACIONES NUMÉRICAS DEL YACIMIENTO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA Y VERACRUZ, MÉXICOOjeda Macedo Hatziri Aileen¹, Olmos Navarrete Luis Rafael², Garduño Monroy Víctor Hugo³, Pola Villaseñor Antonio⁴ y Nájera Blas Sergio Manuel⁴¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto Nacional de Investigación en Ciencias de la Tierra, Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio. Grupo Energía México GEMEX²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto Nacional de Investigación en Ciencias de la Tierra, Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia-UNAM. Grupo Energía México GEMEX⁴Grupo Energía México GEMEX
hat_om@hotmail.com

En este trabajo se presentan los resultados de los estudios de permeabilidad de la zona geotérmica de Los Humeros, considerando muestras a diferentes profundidades del yacimiento en sí y de muestras tomadas en afloramientos en la zona de Las Minas, ambas áreas localizadas en la porción oriental del Cinturón Volcánico Mexicano, entre los estados de Puebla y Veracruz, con la finalidad de obtener una comparación de la permeabilidad en las dos superficies, asumiendo que al presentar una litología similar en ambos sectores, la permeabilidad debería presentar características afines ya que la porosidad depende primordialmente de la composición de las rocas. A partir de esta hipótesis se podría establecer una relación de permeabilidad del campo geotérmico de los Humeros a profundidad a partir de rocas superficiales con características litológicas semejantes, lo que ayudaría a estimar el potencial del campo sin necesidad de perforarlo. El estudio de la permeabilidad se realiza acoplando el método no destructivo de Microtomografía de rayos X que permite visualizar y cuantificar la estructura interna de materiales rocosos en 3D a escalas micrométricas, con simulaciones numéricas de flujo realizadas en la porosidad real de las rocas obtenida del análisis de imágenes 3D, basadas en las ecuaciones de Navier Stokes con la ayuda del programa GeoDict®. Palabras Clave: Permeabilidad, Humeros, Microtomografía de rayos X, Imágenes 3D, porosidad.

SE06-11

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE POROSIDAD EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROSVega Ruiz Sandra¹, Corbo Fernando² y Carrasco Núñez Gerardo¹¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México²CONACYT, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
sandravega@geociencias.unam.mx

El complejo volcánico y campo geotérmico Los Humeros corresponde a una caldera de 18 x 15 km de diámetro, con una evolución geológica compleja. Dicho campo alberga uno de los más importantes yacimientos geotérmicos de México (el tercero en el país). Por ello, es de suma importancia tener un conocimiento amplio del mismo, y determinar sus propiedades de almacenamiento (ej. porosidad) y de flujo (ej. permeabilidad), fundamentales para modelarlo y establecer las trayectorias y capacidad de fluido geotermal. El presente estudio se enfoca en el desarrollo de un modelo de distribución de porosidades para estimar la capacidad de almacenamiento de energía geotérmica, que a su vez contribuya a la mejor localización de zonas productivas. El modelo de porosidad está basado en el uso de los límites de Hashin-Shtrikman para resistividades eléctricas, condicionados a los datos de muestras de núcleo, temperatura y observaciones de las capas de arcillas alteradas y aguas subterráneas. Para el cálculo de la distribución de porosidades, se utilizaron los valores de resistividad eléctrica provenientes de la inversión 1D y 2D de mediciones magnetotelúricas (MT) realizadas en los últimos años (2015 a 2017) en dicho campo. Los resultados preliminares confirman las interpretaciones provenientes de los datos MT, aportando una estimación de valores de porosidad

de forma más específica. Una vez validado y refinado el modelo de porosidad, se plantea extender este estudio a distribuciones de permeabilidad enfocadas a la zona del yacimiento.

SE06-12

CARACTERIZACIÓN DE LA CAPA SUPERIOR DE ARCILLAS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LOS HUMEROS A PARTIR DE LA INVERSIÓN 1D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOSAvilés Esquivel Thalia Anaí¹, Romo Jones José Manuel¹, Arango Galván Claudia², Salas Corrales José Luis², Rebollo Tapia Abraham Raymundo³, Sánchez Andrade Abner Isaí⁴, Páll Hersir Gylfi⁵, Benediktssdóttir Ásdís⁶ y Held Sebastian⁷¹CICESE²Instituto de Geofísica, UNAM³Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM⁵Island Geosurvey, ISOR⁶Island Geosurvey, ISOR⁷Karlsruhe Institute of Technology, KIT

tavilesesquivel@gmail.com

El campo geotérmico de Los Humeros (Puebla) cuenta con una capacidad instalada de 94 MW, -y ocupa el tercer lugar en producción de energía eléctrica en el país.- Para seguir con el desarrollo de este campo es necesario incrementar la comprensión sobre el sistema volcánico Los Humeros, por lo que en el marco del proyecto GEMex (Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems) se llevó a cabo una campaña intensiva de adquisición de datos magnetotelúricos (MT) a finales del 2017 y principios del 2018. Se realizaron 123 sondeos distribuidos en una malla regular de 137 km². Adicionalmente se adquirió un perfil SW-NE de 28 km de longitud que atraviesa las principales estructuras geológicas. Se utilizaron cinco equipos METRONIX midiendo simultáneamente, cuatro en Los Humeros y uno más como estación remota en las inmediaciones de la caldera de Acoculco, Puebla. El procesamiento de los datos se realizó utilizando el procesamiento robusto BIRRP (Bounded Influence; Remote Reference Processing) a partir del cual es posible obtener las impedancias, y por ende, las curvas de resistividad y fase que posteriormente fueron modeladas. La inversión 1D del modo TE ha mostrado buenos resultados para delimitar la capa de arcillas en medios 3D, como los sistemas volcánicos complejos. Adicionalmente se realizó un análisis comparativo de dichos modelos con los obtenidos a partir de la inversión 1D de la respuesta del determinante del tensor de impedancias. Así, a partir de la interpolación tridimensional de dichos modelos se ha generado un volumen de resistividades que aporta información preliminar sobre el horizonte conductivo superficial asociado a la capa de arcillas.

SE06-13

RESULTADOS PRELIMINARES DEL MODELADO 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS ADQUIRIDOS EN LAS INMEDIACIONES DE LA ZONA GEOTÉRMICA DE LOS HUMEROSRuiz Aguilar Diego¹, Arango Galván Claudia² y Romo Jones José Manuel³¹Universidad de Colonia²Instituto de Geofísica, UNAM³CICESE

druizag1@uni-koeln.de

En el marco del proyecto GEMex se llevó a cabo una campaña de levantamiento de datos magnetotelúricos (MT) a finales del 2017 e inicios del 2018 en las inmediaciones de la zona geotérmica de Los Humeros. Las series de tiempo adquiridas han sido procesadas con técnicas de estadística robusta, realzando así la calidad de las funciones de transferencia. Dado que los sondeos MT están distribuidos a lo largo de perfiles que forman una malla regular, el modelado 3D de los datos es esencial para obtener una imagen del subsuelo que represente con mayor precisión la distribución de conductividades. En este sentido, primeramente presentamos los resultados de un modelado directo tridimensional tomando en cuenta la clásica estructura geotérmica en donde una capa arcillosa conductora se encuentra por encima de un reservorio relativamente resistivo. Así, analizamos la efectividad de detectar dicha estructura mediante la inversión 3D de datos sintéticos de sondeos distribuidos en una malla regular. Por otro lado, se analizan los resultados de diferentes rutinas de inversión, en donde se varían sistemáticamente los parámetros de entrada del esquema de inversión tridimensional utilizado. Finalmente, se muestran resultados preliminares obtenidos del modelado inverso tridimensional aplicado a los datos MT adquiridos en campo.

SE06-14

CONTEXTO TECTÓNICO ESTRUCTURAL DE LA PORCIÓN ORIENTAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO GEOMEXICANO Y SU RELACIÓN CON LOS SISTEMAS GEOTERMICOS DE ACOCULCO Y LOS HUMEROS, PUEBLA

Jiménez Haro Adrián¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo²¹Instituto de Investigaciones en ciencias de la Tierra, INICIT, GeMEX²Instituto de Investigaciones en ciencias de la Tierra INICIT, GeMEX
adrianjharo@hotmail.com

El Cinturón Volcánico Transmexicano CVTM, es una franja de aproximadamente 920 Km de longitud que disloca la porción intermedia de la república Mexicana extendiéndose desde el océano Pacífico al Golfo de México. El sector oriental del CVTM, lugar donde se intersecta con la SMO, se genera un dominio en la Geología de México de mucha controversia. Por otro lado, en este mismo sector se localizan dos campos Geotérmicos diferentes, uno en desarrollo, Los Humeros con temperaturas súper críticas y otro en exploración el cual ha sido clasificado como de roca seca Caliente. En este sector donde el dominio del CVTM y de la SMO interactúan, podemos identificar una serie de bloques delimitados por estructuras mayores que podrían estar respondiendo a una tectónica de fragmentación de la placa de Norteamérica que no presenta un estilo totalmente ligado a un arco continental producto de la subducción de Placa de Cocos. En estos bloques existe el clásico fallamiento de dirección NE-SW ligado a la dinámica del CVTM, pero además se interponen una serie de estructuras totalmente ajenas a las del CVTM y que parecen responder a otro ambiente Tectónico. Los elementos estructurales más importantes son, la falla Pico de Orizaba-Cofre de Perote, el Horst de Chignahuapa, la depresión/graben de Libres-Oriental, el Graben/rift de Xalapa, los horst, grabens y semigrabens de la región de Apan-Acocolco, la falla Tlaxcala todos estos elementos configurando un escenario donde se emplazan los edificios volcánicos del CVTM o que han configurado el marco geológico de las Calderas de Acocolco y de Los Humeros. Pero que además los límites de bloque han generado los centros volcánicos más espectaculares del oriente del CVTM, como son el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote. Si Ahora bien, consideramos todo el vulcanismo activo, en el modelo actual de subducción, no se explicaría la actividad de los edificios más recientes como Los Humeros, Las Derrumbadas y el Pico de Orizaba.

SE06-15

TECTÓNICA Y MAGMATISMO MIOCÉNICO-CUATERNARIO ENTRE LAS CALDERAS ACOCULCO Y LOS HUMEROS: REPERCUSIONES GEOTÉRMICAS

Gómez Álvarez Fidel¹, Garduño Monroy Víctor Hugo¹,Sosa-Ceballos Giovanni² y Jiménez Haro Adrián³¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
fygomaz@gmail.com

Las calderas Acocolco y Los Humeros localizadas en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), se encuentran separadas por la estructura conocida como "Horst Chignahuapan" (HCh). El HCh está constituido por secuencias terrígenas y carbonatadas depositadas en el Jurásico inferior –Cretácico superior, y deformadas durante la Orogenia Laramide de edad Cretácico superior-Paleoceno en pliegues tipo chevron, plataformas de corrimiento y cabalgaduras con vergencia al NE, evento seguido por un hiatus prolongado hasta el Mioceno medio cuando inició el vulcanismo de la FVTM. En este trabajo se ha observado que los magmas emplazados entre las calderas Acocolco y Los Humeros varían entre basaltos y riolitas con valores de SiO₂ que oscilan entre 47.52-76.03 (%wt), los cuales se agrupan en dos suits magmáticos principales: i) en el HCh, las fases iniciales de la FVTM de afinidad calcoalcalina se presentan hace 15 Ma con el emplazamiento de plutones graníticos-dioríticos, mientras que el vulcanismo extrusivo dominado por magmas andesíticos se extiende desde 13.4-7 Ma. Apparently, este vulcanismo estuvo influenciado por un régimen tectónico distensivo con un esfuerzo principal mínimo (#3) NE-SW que formó fallas normales de dirección NW-SE y NNW-SSE; ii) durante el Plioceno-Cuaternario, el vulcanismo monogenético con firma calcoalcalina ha sido claramente dominante, aunque también se emplazaron basaltos alcalinos y de transición al SE de la Caldera de Acocolco y en la Cuenca Apizaco-Tlaxco, así como riolitas peralcalinas en la Caldera de Acocolco. En la cuenca Apizaco-Tlaxco, el vulcanismo monogenético presenta trends NE-SW, paralelos a las fallas normales de Apan, Chignahuapan y Axaxalpa que limitan las cuencas actuales y reflejan un #3 NW-SE activo desde el Plioceno. El vulcanismo refleja una transición tectónica en la que coexiste magmatismo de subducción e intraplaca, que sin embargo, son contralados por el contexto tectónico regional. Al oeste de la Caldera de Acocolco, durante la fase magmática peralcalina post caldera se emplazaron domos riolíticos entre 1.2 y 0.6 Ma. Estos domos son cortados por fallas laterales derechas de dirección NW-SE, manifestando la presencia de una fase de deformación activa durante el Pleistoceno superior, por lo que podrían considerarse como estructuras potencialmente activas que facilitaron el emplazamiento de los magmas peralcalinos desde niveles corticales profundos. Por otro lado, el campo de esfuerzos asociado a las fallas NW-SE lateral derechas y NE-SW lateral izquierdas, supone un régimen transpresivo que

disminuye la permeabilidad asociada a fallas E-W y ENE-WSW usadas por la Comisión Federal de Electricidad en su programa de exploración y perforación de los pozos exploratorios.

SE06-16

MODELO NUMÉRICO TRIDIMENSIONAL DE TEMPERATURAS PARA EL CAMPO GEOTÉRMICO DE ACOCULCO, PUEBLA

Guerrero Martínez Fernando Javier, Prol Ledesma Rosa María,
Granados Pastrana José Eduardo, Rodríguez Díaz Augusto Antonio,
González Romo Irving Antonio y Carrillo de la Cruz Juan Luis
Instituto de Geofísica, IGF
fj_gm@yahoo.com

Se presenta un modelo numérico tridimensional de temperaturas de la caldera de Acocolco, Puebla. Esta área geotérmica ha sido reconocida por su alto gradiente de temperatura que se acompaña de una baja permeabilidad, por lo cual ha sido calificado de yacimiento de Roca Seca Caliente. Se presenta un modelo conceptual de este sistema que intenta capturar los principales rasgos estructurales y propiedades físicas del medio disponibles de diversos estudios previos de exploración. La escasa información directa del subsuelo se obtiene de los dos pozos exploratorios existentes en el área. Para efectos del modelo térmico se realiza un análisis de datos aeromagnéticos que estima la profundidad de la isoterma de Curie. Esta isoterma se emplea para definir una condición de frontera en la base del modelo. Adicionalmente se modela la presencia de diques de alta temperatura con base en criterios vulcanológicos que dan lugar a la intensa anomalía térmica reconocida en el campo. El modelo matemático de transferencia de calor se basa en las siguientes suposiciones: 1. Se considera que el régimen de transferencia de calor es conductivo y en estado estacionario; 2. Se asume que la generación de calor radiogénica es despreciable; 3. Se asume que las fronteras laterales del modelo son adiabáticas, lo cual implica flujo de calor únicamente en la componente vertical; 4. Finalmente, se asume que las unidades litológicas son isotrópicas en lo que se refiere a su conductividad térmica. Si bien estas suposiciones implican algún grado de simplificación, se discuten las limitaciones que esto representa para el modelo con el fin de determinar futuras líneas de trabajo para su mejoramiento. Partiendo de estas consideraciones se desarrolla un esquema numérico en Volumen Finito utilizando una malla uniforme que toma en cuenta las variaciones en la elevación del terreno. El sistema algebraico resultante involucra más de ocho millones de grados de libertad y se resuelve con un método de Gauss-Seidel. Los resultados han permitido generar un campo de temperaturas en tres dimensiones validado únicamente en una pequeña área del modelo debido a la limitada información de pozos, no obstante representa un primer resultado en tres dimensiones que integra estudios geológicos y geofísicos y que servirá de base para futuros refinamientos.

SE06-17

GEOLOGY OF THE LATE PLIOCENE - PLEISTOCENE ACOCULCO CALDERA COMPLEX, NORTH OF PUEBLA (MÉXICO)

Avellán Denis Ramón¹, Macías Vázquez José Luis², Sosa-Ceballos Giovanni²,
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela³, Cisneros Guillermo⁴, Sánchez-Núñez Juan
Manuel⁵, López Loera Héctor⁶, Layer Paul W.⁶, Marti Joan⁶ y Pola Villaseñor Antonio⁷¹Cátedras CONACYT - Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM Campus Morelia²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM Campus Morelia³Instituto Politécnico Nacional - CIEMAD⁴División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.⁵College of Natural Science, Mathematics and Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks⁶Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, Barcelona Spain⁷Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM Campus Morelia

denisavellan@gmail.com

The Acocolco Caldera Complex (ACC) is located in the eastern part of the Trans-Mexican Volcanic Belt in the north of Puebla State. It is a potential source of geothermal energy cataloged as a high-dry rock reservoir. The complex is located at the intersection of NE-SW and NW-SE fault systems. These fault systems have controlled the caldera collapse and exerted the main control on the location of post-caldera vents. The complex was built upon a basement formed by Cretaceous limestones, the Zacatlán basaltic plateau and the Miocene pre-caldera domes and lavas (~12.7--3.9 Ma). The caldera-forming eruption occurred ~2.7 Ma ago with an explosive event that dispersed the Acocolco andesitic ignimbrite with a volume of 127 km³. A caldera structure of 20x18 km in diameter formed, followed by the establishment of an intracalderic lake and sedimentary deposition. Early post-caldera activity (2.6-2.2 Ma) was constrained within the caldera ring fault producing 27 km³ of lava flows and domes dominantly of basaltic trachyandesite to basaltic composition. This activity caused bulging of the central part of the caldera. Late post-caldera activity (2.0-1.0 Ma) migrated dominantly to the periphery of the caldera, emplacing 77 km³ of rhyolitic domes, lavas, and the Encimadas ignimbrite (26 km³). Finally, extra-caldera activity (0.9-0.06 Ma) vented scoria cones, and lava flows of basaltic trachyandesite to basaltic andesitic composition, and the rhyolitic Tecoloquillo ignimbrite (11 km³) with a total volume of 14 km³. Effusive eruptions dominated the evolution of the complex with ca. 79% of the eruptive products. Aeromagnetic data revealed the presence of at least four intrusive bodies at depths of

>2 km hosted in the Cretaceous limestones. These bodies might represent a series of horizontal mafic intrusions that besides heating and mixing with the Acoculco magma reservoirs, provides the energy that maintain active the Acoculco geothermal system.

SE06-18

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL FALLAMIENTO Y FRACTURAMIENTO EN LA ZONA GEOTERMICA DE ACOCULCO, PUEBLA, MÉXICO

González Aguilar Maura Enriqueta¹, Magaña Ortega Angélica de Monserrat², Jiménez Haro Adrián³, Nájera Blas Sergio Manuel¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo⁴

¹Unidad Académica Ciencias de la Tierra, UACT, UAGRO.

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT)

³Cooperación México-Europa para la investigación de sistemas geotérmicos supercaliente (GEMEX).

⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT).

mauraenriqueta@gmail.com

El área de estudio forma parte de la Faja Volcánica Trans-mexicana, localizada en el centro oriente de México, en Acoculco, Puebla, Acoculco presenta unidades litológicas conformadas por una secuencia de rocas carbonatadas del Mesozoico, rocas andesíticas-riolíticas del Mioceno, rocas riolíticas y lavas basálticas andesíticas del Plioceno Las fallas y fracturas se forman por la acción de esfuerzos y de la forma de pequeñas imperfecciones llamadas fisuras, geometría de las fallas y de las fracturas, ellas depende además de diferentes factores como la resistencia de la roca, la intensidad de deformación, reología, temperatura, heterogeneidad y el tiempo. En conjunto estos parámetros controlan la formación de dominios de fracturas. Una forma de analizar la distribución y geometría de los sistemas de fallas y fracturas es utilizando la teoría fractal. La caracterización geométrica se realizó mediante el uso del banco de datos multiscales (imágenes fotográficas) y multitemporales (series de tiempo) con métodos como líneas de muestreo y ventanas circulares de diferentes escalas de 1m, 10cm y 1 cm e imágenes satelitales, con el objetivo de analizar los distintos sistemas de fallas y fracturas en rocas volcánicas y carbonatadas; todo ello mediante el estudio de análisis estadístico de distribución, geometría, orientación e inclinación para entender que sistemas de fracturas son más favorables para la circulación de fluidos geotérmicos. Los resultados del análisis de imágenes de satélite muestran fallas normales con orientación NE-SW, NW-SE y E-W que forman un drenaje enrejado y paralelo. En rocas carbonatadas y rocas volcánicas se observan tres sistemas de fracturas con mayor rango de orientación de N270°-280°, otra distribución con rangos de orientación de N50° a 70° y por último una distribución con rango de orientación N 0°-10°, los planos de las estructuras de orientación E-W presentan planos que se inclinan en promedio 50°-60° mientras que los sistemas de fallas y fracturas NE-SW Y NW-SE presentan un rango de inclinación de 80°-85°. De acuerdo a los resultados de este análisis se puede definir que las estructuras que podrían presentar mayores características de conducción de fluidos geotérmicos son las de orientación NE-SW, NW-SE y N-S. Así mismo, las inclinaciones de estructuras deberán ser tomadas en cuenta para cualquier diseño de pozos, dando la posibilidad de mejor éxito en el pozo y cuestionando la no permeabilidad hasta ahora considerada.

SE06-19

ANÁLISIS CINEMÁTICO ESTRUCTURAL EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE ACOCULCO, PUEBLA

Gaitán Ramírez María Félix, Jiménez Haro Adrián y Garduño Monroy Víctor Hugo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, GEMEX
marigaitan@live.com.mx

La zona geotérmica de Acoculco se localiza en la porción centro-oriental del territorio mexicano, en la cual interactúan dos provincias fisiográficas de grandes envergaduras, la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y la Sierra Madre Oriental (SMO), lo cual le confiere una larga e incipiente historia de deformación. Los estudios y la perforación de dos pozos realizados por la CFE en la zona de Acoculco, indican que existe una temperatura mayor a los 300 grados, pero una permeabilidad casi nula. El objetivo de esta investigación ha sido definir y caracterizar el campo de esfuerzos, su evolución espacio temporal, y su relación con el sistema geotérmico. Este análisis es una herramienta crucial en la etapa de exploración, en el conocimiento de las características de las estructuras y del papel que juegan como conductoras de fluidos. El sistema geotérmico se encuentra alojado en la secuencia sedimentaria Mesozoica, la cual fue intensamente deformada en el Cretácico superior-Paleoceno durante La orogenia Laramide, a partir de entonces los cambios en el régimen de esfuerzos han propiciado el desarrollo de complejos sistemas de fracturamiento y fallamiento, los cuales se han abierto y cerrado a través de su historia. Los sistemas de fallas y fracturas en la zona que son característicos de la deformación laramidica plicativa en rocas sedimentarias carbonatadas, son principalmente fracturas de cizalla de tipo HK0 (a), y HK0 (b) así como fracturas de tensión AC, BC y AC, correspondientes a una dirección de #1 horizontal de orientación NE-SW. Posteriormente durante el Mioceno un régimen extensivo NE-SW con un #1 vertical, representado por fallas normales, diques piroclásticos y fracturas eruptivas de orientación NW-SE que cortan a las estructuras Laramidicas. Después durante el Plioceno al Cuaternario una fase transtensiva con un #1 vertical y una dirección de extensión NW-SE que está representada por grandes fallas normales que forman las cuencas Chignahuapan, Apan y Tizayuca, así como por

el alineamiento de múltiples conos monogenéticos. Por último durante el Plioceno superior y hasta el Cuaternario, las estructuras de dirección NE-SW formadas en el Mioceno se reactivan como fallas laterales derechas influenciadas por la presencia de un #1 horizontal de dirección sensiblemente N-S el cual también da origen a fallas laterales izquierdas de menores dimensiones de orientación NE-SW que en combinación forman sistemas conjugados. En la actualidad las estructuras formadas durante estas últimas etapas de deformación se encuentran trabajando de manera simultánea, debido a que el #3 para ambos sistemas presenta la misma dirección. Los resultados de este análisis muestran que las fallas y fracturas más representativas para funcionar como conductos para el movimiento de fluidos y como objetivos en la exploración, son las de orientación NE-SW, N-S y principalmente las de dirección NW-SE debido a que son estructuras de carácter regional que de acuerdo a su génesis alcanzan profundidades mayores, que están asociadas a un #2 vertical y un campo de esfuerzos activo.

SE06-20

INVESTIGACIÓN DEL EFECTO DE AUTOSELLADO DE ROCAS SOBRE LA PERMEABILIDAD DEL SISTEMA GEOTERMICO DE ACOCULCO MEDIANTE MICROTOMOGRÁFIA

Guevara Alday Diana Atenea, Olmos Navarrete Luis Rafael y Garduño Monroy Víctor Hugo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
ateguevara.alday@gmail.com

Uno de los objetivos más importantes dentro de la geotermia, es comprender el movimiento de los fluidos hidrotermales a través de la roca, los cuales pueden llevarse a cabo a través del fracturamiento, lo que favorece la permeabilidad del sistema geotérmico, o a través de la microporosidad y microfracturamiento, los cuales generan una contribución adicional a la permeabilidad total del sistema. Sin embargo, los fluidos hidrotermales favorecen la precipitación de minerales en las paredes de la roca lo que provoca un recubrimiento de la superficie de la roca expuesta a la porosidad reduciendo el volumen de poros de manera gradual hasta llegar al autosellamiento del sistema. Este problema es común en la práctica de la Geotermia en donde se observa la disminución de la eficiencia del pozo a medida que es explotado. Por lo que, en este trabajo se estudia la evolución de la permeabilidad en función de sellamiento parcial de fracturas en rocas obtenidas del campo de Acoculco, este se encuentra ubicado en el sector Oriental de la Faja Volcánica Trans-mexicana (FVTM), sobreponiéndose a la provincia de la Sierra Madre Oriental. Para lograr nuestro objetivo se realizó la caracterización de la estructura de la red porosa y la evaluación de la permeabilidad en rocas del sistema geotérmico, utilizando la técnica de microtomografía computarizada de rayos x (MTC-x). El estudio se enfocó en el macro fracturamiento debido a que es el que aporta la mayor permeabilidad del sistema. A partir de las imágenes 3D obtenidas de la MTC-x se determinó la porosidad actual de las rocas estudiadas y se obtuvo el recubrimiento de minerales en las fracturas. Enseguida, virtualmente se procedió a reducir el recubrimiento, lo que genera un mayor volumen de poros e incrementa su tamaño. Este proceso se realizó hasta eliminar completamente el recubrimiento mineral, lo que nos permite determinar la porosidad inicial del sistema. Las imágenes con diferentes contenidos de poros fueron utilizadas para realizar simulaciones de permeabilidad con ayuda del software GeoDict, obteniendo una reproducción de las velocidades de línea de flujo a través de la muestra. Los valores de permeabilidad muestran un incremento en función de la eliminación del recubrimiento mineral lo que indica que el potencial geotérmico de una zona está fuertemente ligado a este fenómeno.

SE06-21

MONITOREO SÍSMICO EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE ACOCULCO, PUEBLA, EN EL MARCO DEL PROYECTO GEMEX

Maldonado Lua Tanny¹, Figueroa Soto Ángel¹, Calo Marco², Jousset Philippe³, De Jesús Amador José Manuel¹, Angulo Carrillo Joel² y Ibarra Bustos Pablo¹

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Helmholtz-Zentrum Potsdam

tannylua@gmail.com

La zona geotérmica de Acoculco está ubicada en los límites de los estados de Puebla e Hidalgo y se considera asociada con un complejo volcánico de domos riolíticos emplazados en una fractura anular de 18 km de diámetro, en el límite entre la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. El proceso de exploración sísmica en el campo geotérmico de Acoculco, inició el 25 de Abril de 2018 como parte de las actividades del paquete de trabajo 5.2 del proyecto GEMEX entre México y la Unión Europea. El monitoreo consistió primeramente en la instalación de una red de monitoreo sísmico comprendida por 16 estaciones, cada una constituida por un sensor de tipo Trillium 120S Post Hole, un digitalizador Cube 3, contando también con un sistema de tiempo controlado por un GPS y un sistema de alimentación de 12 volts acopladas a celdas solares. Los objetivos principales de este proyecto de investigación son el monitoreo, análisis e interpretación de la posible sismicidad asociada a la caldera de Acoculco, así como también a la sismicidad generada por fallamiento activo, como pudiera ser el sistema de fallas con sentido NE y NW que atraviesan la zona geotérmica. Se

presentan los primeros resultados del análisis de los datos sísmicos registrados en los meses de abril a julio de 2018. El procedimiento de adquisición, formato y manejo de los datos generados a través de la red sísmica en el estudio consiste básicamente de la descarga de información, selección de las señales y los cambios de formato necesarios (MSEED, SAC y SEISAN), para finalmente identificar y clasificar los eventos sísmicos. Este trabajo se realiza en el marco del PT5.2 del proyecto GEMex, Convocatoria CONACYT-SENER S0019, 2015-04, proyecto N: 267084.

SE06-22

METODOLOGÍA FRACTAL Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN LA ESTIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL FRACTURAMIENTO EN EL YACIMIENTO GEOTÉRMICO DE ACOCULCO, PUEBLA MÉXICO

Magaña Ortega Angélica de Monserrat, Figueroa Soto Ángel, Garduño Monroy Víctor Hugo, Bermejo Santoyo Gerardo y Nájera Blas Sergio Manuel
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (UMSNH)
anmagana_94@hotmail.com

El yacimiento geotérmico Acoculco Puebla, localizado en el centro-oriente de México, al SE de Tulancingo en los límites de los estados de Hidalgo y Puebla, donde la Sierra Madre Oriental (SMO) y la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), dominan las geoformas con dos tendencias estructurales principales, la SMO con direcciones de estructuras NW-SE y el CVTM con tendencias más E-W y NE-SW, donde el fracturamiento se encuentra auto sellado por una permeabilidad secundaria formado por la acción de esfuerzos y de la forma en que varían en el tiempo a partir de pequeñas imperfecciones llamadas fisuras (Griffith, 1920), la geometría depende de la resistencia de la roca y la intensidad de deformación. Su análisis requiere observaciones sistemáticas a varias escalas espaciales en función de su geometría, arreglo y distribución espacio temporal (Vásquez-Serrano, 2013) por lo que es imprescindible identificar sus características ante de perforar. Una forma de caracterizar las estructuras (p. ej. Fracturas) es a través de la técnicas fractales, propuesta por Mandelbrot (1967), la cual se basa en la propiedad de la invariancia de escala, representada en fenómenos geológicos (Turcotte et al., 2008). Otra manera de caracterizar las estructuras es por medio del análisis de metrología fractal (Torres Argüelles et al., 2010) el cual dependerá de la distribución y variabilidad de las propiedades del fracturamiento. Para este trabajo el análisis del fracturamiento se realizó por medio de un análisis de metrología fractal utilizando imágenes de ventanas circulares en cuatro escalas (1m, 50cm, 10cm y 1cm), para 24 estaciones visitadas en campo. Las imágenes fueron binarizadas para analizarse con el programa Benoit por medio de la técnica Box Counting, la cual consiste en establecer un sistema cartesiano de coordenadas que contenga el conjunto de puntos de la imagen que se analizó. Se realizaron análisis para definir el umbral (Threshold) para el proceso de binarización de imagen. Los valores para las dimensiones fractales oscilan entre 0.75 a 1.8, lo cual podría indicar que el mesurando prácticamente llena el espacio y esto es indicativo de que la roca tiene gran cantidad de fracturamiento correspondientes a redes de fracturas con estructuras más densas y complejas las cuales pueden estar ligadas a la interconectividad de poros generando una buena permeabilidad.

SE06-23

CONTROLES ESTRUCTURALES SOBRE LOS FLUIDOS HIDROTERMALES DE SAN AGUSTÍN DEL MAÍZ, MICHOACÁN

Guevara Alday Jorge Alejandro¹, Olvera García Emmanuel², Garduño Monroy Víctor Hugo¹, Liotta Domenico², Brogi Andrea² y Bermejo Santoyo Gerardo¹

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²Department of Earth and Geoenvironmental Sciences, University of Bari
aguevaraaldjay@gmail.com

Los nuevos retos de la geotermia para explotar yacimientos de mediana y baja entalpía, exigen nuevas técnicas de exploración de campo de bajo costo que determinen las características básicas del flujo y almacenamientos de los fluidos geotérmicos de sistemas geotérmicos profundos instalados bajo sedimentos no consolidados. Los fluidos hidrotermales por naturaleza de origen profundo comúnmente son conducidos través de fallas y fracturas, para posteriormente almacenarse en niveles permeables que subyacen una capa sello. Por tanto, la distribución de manifestaciones hidrotermales activas y fósiles, la deformación tectónica de estos, así como el análisis estructural de rocas del basamento y recientes es de gran ayuda para entender la circulación de fluidos de un yacimiento geotérmico. Un sitio que nos permite explorar estas condiciones es el de San Agustín del Maíz, Michoacán donde se localiza un gran número de manifestaciones hidrotermales activas y extintas las cuales están distribuidas en la ribera sur del Lago de Cuitzeo subyacidas por una amplia columna de sedimentos lacustres que descansa sobre rocas volcánicas más antiguas. El trabajo llevado a cabo señala la existencia de un control tectónico sobre la circulación de los fluidos geotérmicos revelado a través de distintas evidencias: el alineamiento de manantiales de agua caliente y la distribución de sus temperaturas; y las características estructurales y la deformación de depósitos de sinter morfo-tectónicos. A través de la integración de los datos obtenidos de estas manifestaciones hidrotermales con los datos estructurales y cinemáticos obtenidos de las unidades volcánicas de alrededor se

permitió definir que los volúmenes de roca permeable garantizan el ascenso de fluidos desde el reservorio hasta la superficie y que la circulación de fluidos es controlada por la interacción entre sistemas de fallas normales WSW-ENE con zonas de transferencia NNW-SSE, ambos sistemas enmarcados en el mismo escenario tectónico desde el Mioceno Medio.

SE06-24

GEOLOGÍA, DEPÓSITOS HIDROTERMALES Y EMISIONES DE CH₄, CO₂ Y H₂S EN AGUA CALIENTE - TZITZIO, MICHOACÁN, MÉXICO

Jácome Paz Mariana Patricia¹, González Romo Irving Antonio¹, Prol Ledesma Rosa María², Pérez Zárate Daniel³, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², Estrada Murillo Aurora María² y Magaña Torres Elizabeth⁴

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México; Circuito interior s/n, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México; Circuito interior s/n, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México. / Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo).

³CONACYT-Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México; Circuito interior s/n, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

⁴Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, 58190, Michoacán, México.
mapajapaz@hotmail.com

En este trabajo se presentan resultados sobre la exploración geotérmica en Agua Caliente – Tzitzio, Michoacán; específicamente, sobre las estructuras geológicas que favorecen el depósito hidrotermal y la desgasificación difusa de CH₄, CO₂ y H₂S. La recolección de datos en campo se efectuó en abril del 2017 y en febrero del 2018 bajo condiciones atmosféricas similares, secas y estables. La zona de estudio se dividió en Agua Caliente Norte (ACN) y Agua Caliente Sur (ACS). El arreglo geométrico de estructuras en ambas zonas es de tipo Riedel con falla principal E-W, siendo las fallas R', P y N las de mayor importancia para la presencia de manifestaciones termales. ACN se encuentra en el cruce de fallas con tendencia NW-SE y E-W. En los alrededores de los manantiales hay alteración hidrotermal de tipo argílico con caolinita, halloysita y cuarzo, depósitos de costras rojas de schwertmannita y amarillas de ferricopiapita, y vetillas y stockwork de ópalo, cuarzo y pirita. Los rangos de flujos de gases reportados en g m⁻² d⁻¹ para 2017 fueron de 3 - 29000 de CO₂, 2.2 - 5 de CH₄ y por debajo del límite de detección para el H₂S; mientras que los flujos para el 2018 son 0 - 180000 de CO₂, 0 - 78 de CH₄ y hasta de 2.78 para H₂S. En ACS el cruce de fallas E-W con NW-SE y NE-SW condiciona a las manifestaciones. La alteración hidrotermal consiste en caolinita, halloysita, yeso, schwertmannita y pirita, teniendo una mayor distribución e intensidad en esta área. Los rangos de flujos de gases reportados en g m⁻² d⁻¹ para 2017 fueron de 1 - 1925 de CO₂, 4.8 - 20 de CH₄ y por debajo del límite de detección para el H₂S; mientras que los flujos para el 2018 son 2.5 - 27000 de CO₂, 0 - 30 de CH₄ y hasta de 0.378 para H₂S. Se reportan incertidumbres, mapas de distribución espacial de los flujos y evidencias del aumento de desgasificación en la zona entre las dos campañas de campo. Los resultados muestran alta influencia de los rasgos someros estructurales sobre la desgasificación difusa y la presencia de depósitos de pirita y emisiones de H₂S sugiere la existencia de un recurso geotérmico profundo. Agradecimientos: Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

SE06-25

RESPUESTA DE LOS GEOTERMÓMETROS DE SOLUTOS EN SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE BAJA-MEDIANA TEMPERATURA Y COSTEROS

Peiffer Loic y Olguín Martínez María Guadalupe

CICESE

loic.peiffer@gmail.com

Un método común para evaluar la temperatura de un reservorio geotérmico durante la etapa de exploración geoquímica es el uso de geotermómetros de solutos, mediante el análisis químico de un fluido proveniente de un manantial termal. Los geotermómetros se basan en la hipótesis de que la composición química del fluido dentro del reservorio alcanzó el equilibrio químico con ciertos minerales y que la composición química del fluido muestreado en superficie aun represente este equilibrio. Debido a que la constante de equilibrio de una reacción de precipitación o disolución mineral depende de la temperatura, la concentración de ciertos elementos disueltos en el agua de un manantial termal permite inferir la temperatura a la cual se dio el equilibrio químico. En específico, las formulaciones 'clásicas' de los geotermómetros se basan en la concentración absoluta en un elemento disuelto como la sílice (SiO₂), o en el cociente de concentraciones de varios elementos disueltos, como el sodio-potasio (Na-K), sodio-potasio-calcio (Na-K-Ca) o potasio-magnesio (K-Mg). Existe otro tipo de geotermometría de solutos, llamado geotermometría multicomponente, que se basa en el análisis químico completo de un agua termal para calcular los índices de saturación de una serie de minerales potencialmente presentes en el sistema geotérmico. En este trabajo, se investiga primero la respuesta de estos dos tipos de geotermómetros en condiciones de baja-mediana temperatura, cuando la cinética de las reacciones

de interacción agua-roca es más lenta, y, por lo tanto, el agua alcanza difícilmente el equilibrio químico con los minerales. Segundo, se presenta la respuesta de los geotermómetros en sistemas geotérmicos costeros, donde los procesos de mezcla con aguas marinas ocultan la composición química inicial del fluido y afectan la respuesta de los geotermómetros. La metodología empleada incluye un análisis de base de datos y simulaciones de transporte reactivo para crear condiciones sintéticas.

SE06-26

DEPÓSITOS HIDROTERMALES, EMISIÓN TOTAL DE CO₂ Y CONTROL ESTRUCTURAL EN ZONA TERMAL LA ESCALERA, MICHOACÁN, MÉXICO

González Romo Irving Antonio¹, Jácome Paz Mariana Patricia¹, ProL Ledesma Rosa María¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio¹, Pérez Zárate Daniel¹, Estrada Murillo Aurora María² y Magaña Torres Elizabeth²

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²ENES Morelia

irvglez@gmail.com

En este trabajo se presenta el flujo total de CO₂ y su relación con el arreglo estructural de la zona termal La Escalera. Las manifestaciones termales están localizadas en la porción sur y occidental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). El área de estudio se ubica en los límites de la estructura volcánica Caldera La Escalera, conformada de diversos flujos volcánicos, ignimbritas y tobas de edades miocénicas. Localmente las manifestaciones se alojan en conglomerados y areniscas conglomeráticas de la Formación Tzitzio del Cretácico-Eoceno con vetillas de cuarzo y calcedonia, y halos de alteración con poco desarrollo lateral. Las alteraciones hidrotermales comprenden silicificación y argilización, con depósitos discretos de travertino y sinter silicocalcáreos. La asociación mineral de afinidad hidrotermal comprende, cuarzo, ópalo, montmorillonita, caolinita, pirita, calcita, aragonita, trona, nahcolita y artinita. Las campañas de campo fueron realizadas en abril del 2017 y en febrero del 2018 en condiciones atmosféricas estables y similares, donde se midieron flujos de CO₂, CH₄ y H₂S en el suelo y la superficie del agua (alrededor de las zonas con gases burbujeantes en el río Agua Tibia y el manantial termal) con el método de la cámara de acumulación. Los rangos de flujos de CO₂ se encontraron de 1 – 6,000 g m⁻² d⁻¹ para 2017 y de 1 – 31, 000 g m⁻² d⁻¹ en 2018. Localmente se identificaron cuatro familias de fallas con direcciones NE-SW, NW-SE, NNE-SSW y E-W que dan lugar a las manifestaciones superficiales (manantiales termales, emanación de gases, depósitos minerales), dicha actividad termal se extiende a lo largo del río Agua Tibia y teniendo como principal fuente dos manantiales con descarga aproximada de 11 l/s y temperatura de promedio de 50 °C. La presencia de los depósitos hidrotermales y las emanaciones de gases muestran un control estructural de los sistemas E-W en cruce con las familias NW-SE y NNE-SSW. Agradecimientos: Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana"

SE06-27

ALTERACIONES HIDROTERMALES EN LA ISLA ISABEL: MAPEO Y ESTIMACIONES A PARTIR DE UNA IMAGEN LANDSAT 8

Figueroa Gerardo¹ y Álvarez Román²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

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

La Isla Isabel es de origen volcánico y se encuentra en la plataforma continental entre la costa de Nayarit y el archipiélago de Las Marías. Se ha propuesto que la isla es la parte emergida (1.8 km N-S y 1.3 km E-W) de un lacolito de 20 km en la dirección NW-SE y 17 km en la NE-SW. Este lacolito parece ser la fuente de las abundantes explosiones freato-magmáticas en el lugar. La isla es un Parque Nacional en donde habitan diversas especies de pájaros y cuyo acceso se encuentra restringido. Está cubierta por abundante vegetación de 2-3 m de altura, que en buena medida bloquea la visión directa del suelo. A una distancia de 8 km se encuentra un pozo de exploración de 3157 m de profundidad en donde se midió un gradiente geotérmico de 73°C/km, que es de los mayores que se han medido en el mundo. Esta combinación de observaciones nos permite sugerir que esta zona puede tener un gran potencial geotérmico, la isla es solo una pequeña parte de una amplia zona, localizada mayormente bajo un mar somero (20-80 m de profundidad). Siendo la única región emergida resulta lógico concentrar varios estudios en ella. Aquí analizamos la actividad hidrotermal en la isla a partir de determinaciones de las áreas de la isla en la que se encuentran los productos de las alteraciones hidrotermales: óxidos e hidroxilos. Efectuamos mediciones de reflectancia con un espectro-radiómetro en 10 estaciones de observación distribuidas en la isla, principalmente sobre basaltos. Comparamos estas firmas espectrales con las bandas de una imagen del Landsat 8, sin nubes y con las correcciones atmosféricas pertinentes, mostrando una buena correlación entre ambas. Procedimos a evaluar la presencia de óxidos, hidroxilos, vegetación y combinaciones de estas clases mediante cuatro procedimientos de clasificación: Cociente de Bandas, Análisis de Componentes Principales, Técnica de

Crosta y Técnica de Fraser, complementados con el algoritmo de K-medias para el conteo de los píxeles de la clasificación. La Técnica de Fraser fue la que arrojó mayor superficie de la clase mixta Óxidos e Hidroxilos, equivalente al 28% de la superficie de la isla, marcadamente sobre las regiones periféricas libres de vegetación. Sin embargo, la Técnica de Crosta reportó 27% en la misma clase y logró identificar flujos de basalto submarinos someros en la proximidad de la isla. Concluimos que un gran porcentaje de la superficie de la isla está afectada por procesos hidrotermales, aunque algunas zonas cubiertas de vegetación no pueden ser identificadas con esta metodología. El potencial geotérmico de la región debe ser explorado en su conjunto, con vistas a su eventual explotación.

SE06-28

EVALUACIÓN GEOTÉRMICA EN LA PARTE CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, CON PERFILES ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA (CSEM)

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

Se muestran los resultados obtenidos del procesamiento e inversión de dos perfiles de datos electromagnéticos de fuente controlada (CSEM), adquiridos en el Golfo de California frente a la costa de Santa Rosalía, Baja California Sur. Esta área es interesante desde el punto de vista geotérmico por su cercanía a la Cuenca de Guaymas, la Caldera de la Reforma y el volcán Tres Virgenes. La adquisición consistió en la colocación de 10 receptores electromagnéticos de fondo marino (OBEM), distribuidos en dos perfiles de aproximadamente 14 km de longitud cada uno. Como fuente se utilizó un bipolo eléctrico horizontal de 200 m de longitud, remolcado por B/O Alpha-Helix. Los datos de amplitud de campo eléctrico multifrecuencia fueron invertidos a modelos Occam de resistividad eléctrica 2D con el programa MARE2DEM basado en elementos finitos. Se realizaron diferentes pruebas para conocer la sensibilidad de los modelos obtenidos y determinar que tan confiables son las diferentes estructuras identificadas. Para validar el modelo y ofrecer una interpretación geológica, los resultados se compararon con la información de otros métodos geofísicos en la zona (batimetría y sísmica de reflexión). Para el primer perfil, la respuesta electromagnética tiene coincidencias con los modelos conceptuales propuestos en la literatura para un sistema geotérmico de origen volcánico, donde parece existir un casquete de roca conductora asociada a una posible alteración arcillosa hidrotermal, la cual está subyacente por una zona de mayor resistividad que podría estar asociada con un reservorio geotérmico. En el segundo perfil la distribución de resistividad eléctrica muestra coincidencias con los datos sísmicos y batimétricos, los tres métodos sugieren la existencia de fluidos hidrotermales.

SE06-29

INTERPRETACIÓN DE MODELOS 2D OBTENIDOS CON INVERSIÓN CONJUNTA EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO

Oliver Ocaño Francisco Miguel, Gallardo Delgado Luis Alonso, Romo Jones José Manuel y Pérez Flores Marco Antonio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
foliver@cicese.edu.mx

El nivel en el que una técnica geofísica es utilizada con éxito para inferir las propiedades de los yacimientos geotérmicos, depende de la forma en que los parámetros del yacimiento se encuentran relacionados con los parámetros geofísicos. Debido a que estas relaciones no son únicas, es importante integrar diversas técnicas geofísicas para la mejor interpretación de los parámetros del sistema. En este trabajo se implementaron los métodos: Magnetotélúrico (MT), Gravimétrico (GV) y Magnético (MG), con el fin de poder hacer una inversión conjunta de las diferentes propiedades de las rocas, como conductividad eléctrica, densidad y susceptibilidad magnética, en cinco perfiles ubicados alrededor del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP). Estos métodos son aplicados para obtener imágenes del subsuelo en un sistema geotérmico y, determinar la geometría del yacimiento y las propiedades físicas. El objetivo de este trabajo es el utilizar y demostrar la aplicabilidad y alcances de la técnica de inversión conjunta por gradientes cruzados en objetivos geotérmicos, esta técnica 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. Los perfiles interpretados consisten en tres perfiles regionales (A,B y C) de 25-30 km de longitud con estaciones cada 2-3 km de separación para MT y cada 0.5-1 km para GV y Mg. Otros dos perfiles (D y TL) más locales, de entre 5 y 7 km de longitud, con sitios separados cada 1-2 km para MT y cada 0.5-1 km para GV y Mg, localizados hacia el NE, en el Ejido Nuevo León (D) y hacia el NW en la zona Tulecheck. Los perfiles A y D, muestran una clara correlación con los modelos conceptuales de Lira y Aguilar, en donde se pueden apreciar diferentes unidades geológicas donde destacan, los sedimentos clásticos no consolidados (SCNC) en la parte somera, unidades de Lutita

Gris (LG) y Lutita Café (LC) entre 2 y 4 km de profundidad, zona Granítica, así como también se puede observar las zonas de la falla Imperial (FI), la falla de Cerro Prieto (FCP) y la falla Michoacán. En el perfil B y TL, se destaca una unidad bien definida, con característica de ser muy magnética, la cual llega hasta la superficie, también se destaca una unidad somera que se puede relacionar con los SCNC hasta una profundidad de 2.5 km, entre 3 y 6 km de profundidad se observa una unidad que puede relacionarse con las zonas de LG y LC, en el perfil B, también se pueden observar las zonas de la FI, FM y FCP. El perfil C, muestra 3 unidades bien definidas, la mas profunda se relaciona con el basamento granítico en una forma escalonada, de la misma forma mas superficial se encuentra la unidad que puede ser relacionada con las zonas de LG y LC y la unidad más somera y que profundiza hasta los 2 km puede estar asociado a los SCNC.

SE06-30

LA EFECTIVIDAD DEL USO DE INFORMACIÓN GEOFÍSICA ADICIONAL EN LA INVERSIÓN 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS ADQUIRIDOS EN LA ZONA DEL PROSPECTO GEOTÉRMICO DE SAN FELIPE

Ruiz Aguilar Diego¹, Tezkan Bülent¹, Arango Galván Claudia²,
Prol Ledesma Rosa María² y Romo Jones José Manuel³

¹Universidad de Colonia
²Instituto de Geofísica, UNAM
³CICESE
druizag1@uni-koeln.de

Como primera etapa del programa de exploración geotérmica dentro del marco del proyecto SENER-CONACYT 152823, se llevó a cabo una campaña regional de levantamiento de datos geofísicos en San Felipe (Baja California), donde se adquirieron 17 sondeos magnetotelúricos (MT) y transitorios electromagnéticos (TEM). Adicionalmente contamos con datos de 5 sondeos MT adquiridos en el 2007 por el CICESE en las inmediaciones de la zona de estudio. Las respuestas transitorias fueron medidas en un rango de 1 a 70 ms, usando una configuración de bobina simple con área efectiva de 50x50 m². Primeramente se realiza la inversión 1D de los datos TEM, utilizando las técnicas de Marquardt y Occam. Posteriormente aplicamos el esquema de inversión Spatially Constrained Inversion (SCI) a los datos TEM y se construye un modelo pseudo-3D. Por otro lado, el análisis de dimensionalidad de los datos MT sugiere una estructura a profundidad 1D y 3D, por lo que posteriormente se aplica la inversión tridimensional a dichos datos. Además, la información obtenida del modelado inverso de los datos TEM es incorporada en el esquema de inversión tridimensional de los datos magnetotelúricos. Así, modelos inversos constreñidos y sin constreñir son obtenidos y analizados. Con base en las evaluaciones realizadas, se elige un modelo inverso tridimensional óptimo y es correlacionado a la información geológica de la zona de estudio. De esta manera, una estructura conductora es interpretada como una cuenca sedimentaria en su parte somera y como una zona de falla con fluidos geotérmicos a profundidades mayores de 1.5 km.

SE06-31

PROSPECCIÓN MAGNÉTICA PARA LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA EN EL ÁREA DEL VOLCÁN CEBORUCO, NAYARIT, MÉXICO

Martínez Díaz Edgar Alan¹, Sawires Rashad² y Núñez Cornú Francisco Javier¹

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara, 44280 - Puerto Vallarta, Jalisco, México.

²Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara, 44280 - Puerto Vallarta, Jalisco, México, Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, 71516 - Assiut, Egypt.
rayoelek@gmail.com

El volcán Ceboruco está ubicado en el estado de Nayarit, México con una elevación máxima de 2,280 msnm y una extensión de aproximadamente 60 km cuadrados (latitud 21.125 ° N, longitud 104.508 ° W), está situado en el lado más occidental de el Cinturón Volcánico Transmexicano y al sureste de la Sierra de San Pedro. Un par de campañas de exploración magnética se llevaron a cabo durante junio y agosto de 2018 en el área del volcán, donde se tomaron varias lecturas magnéticas usando un equipo modelo GSM-19 Magnetómetro tipo Overhauser, con un promedio de aproximadamente 200 puntos de muestreo en cada salida de campo. Se trato de cubrir en su mayoría el área de estudio siguiendo las rutas y caminos disponibles utilizando una distancia mínima de 250 mts. entre puntos sucesivos. Esta investigación se suma al proyecto P24 titulado "Exploración sísmica pasiva y magnetotelúrica en los campos geotermiales del Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera" y financiado por el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIEGeo). La reducción de los datos magnéticos en bruto se realizó utilizando el software Oasis Montaj. Donde se han tomado en cuenta dos tipos principales de correcciones; la corrección diurna y la corrección del Campo de Referencia Geomagnético Internacional (IGRF). Esto se realiza principalmente para obtener los valores de intensidad total del campo magnético para el área de estudio. En este trabajo, tomamos en cuenta el entorno geológico, estructural y tectónico para la region. Además, se discutirá la planificación de las campañas magnéticas así como la adquisición de datos y el procesamiento de estos. A través de este tipo de trabajo, es posible localizar, identificar y delimitar las estructuras geológicas predominantes dentro del área. De igual manera, en un futuro se realizará un

nuevo modelo geofísico con la ayuda de los datos de gravedad terrestre para la misma región. Esto ayudará en la evaluación de los recursos geotérmicos que pueden usarse posteriormente para la viabilidad de la creación de plantas de energía eléctrica. Sin dejar de lado que al delimitar las estructuras geológicas se tiene una ventaja para estimar el peligro y el riesgo sísmico que son de gran importancia para los poblados circundantes.

SE06-32

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA EL ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS SUPERFICIALES DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRITOS COLORADOS EN LA CALDERA LA PRIMAVERA

Bolós Xavier, Cifuentes Nava Gerardo, Macías Vázquez José Luis,
Sosa-Ceballos Giovanni, García Tenorio Felipe y Albor Mariela
Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, IGUM - UNAM
xavier.bolos@gmail.com

La caldera de La Primavera se formó hace 95 ky produciendo vulcanismo de tipo peralcalino. Las fallas intra-caldera son el resultado del uplift como consecuencia de la acumulación de magma. Este nuevo magma acumulado debajo de la estructura caldérica es el responsable del vulcanismo post-caldera y de la actividad hidrotermal con la presencia de docenas de fumarolas a lo largo del campo geotérmico de Cerritos Colorados. En este trabajo, se presentan los resultados de investigaciones de prospección geofísica con el fin de estudiar la relación entre el sistema hidrotermal y estructural del campo geotérmico. Se aplicó con éxito la técnica del potencial espontáneo combinado con medidas superficiales de temperatura lo que permitió identificar las principales zonas con infiltración y ascenso de fluidos hidrotermales, y su temperatura superficial específica cruzando las zonas de actividad fumarólica. La tomografía de resistividad eléctrica fue tomada en dos lugares seleccionados. El primer perfil (1.2 km de longitud) se realizó en la zona del pozo P12, y un modelo de resistividad 3D fue llevado a cabo en el graben de Cerritos Colorados. Combinando estos datos geofísicos con el mapa estructural detallado, se han identificado las zonas de desgasificación (fumarolas) que corresponden a las zonas de alta permeabilidad localizadas a lo largo de las fallas normales y strike-slip descritas por primera vez en este trabajo. Además, se han detectado un gran número de zonas convectivas de pequeño tamaño (metros a decenas de metros) con ascenso y descenso de fluidos hidrotermales. En conclusión, se deduce un fuerte control estructural de las manifestaciones superficiales de este sistema hidrotermal, con lo que estos resultados enfatizan la importancia de viejos límites estructurales que controlan las estructuras tectónicas intra-caldera por donde se mueven con facilidad los fluidos hidrotermales.

SE06-33 CARTEL

DELIMITACIÓN DEL YACIMIENTO GEOTÉRMICO DE 3 VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR, MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE CURIE

Flores Xochitl, Errasti-Orozco Marcela, Prol Ledesma Rosa María y Sánchez Osvaldo
Instituto de Geofísica, UNAM
xochitlfs@igeofisica.unam.mx

La posible geometría y delimitación del yacimiento geotérmico de 3 Vírgenes, en el estado de Baja California Sur, se realizó mediante el cálculo de la profundidad de la Isoterma de Curie a partir del análisis espectral de datos aeromagnéticos. La metodología empleada fue la propuesta por Spector y Grant (1970) así como las adaptaciones hechas por Okubo et al. (1985) y Tanaka et al. (1999); en ella se realiza el cálculo de los espectros de amplitud de potencia de las anomalías magnéticas a partir de los cuales, es posible calcular las profundidades de la cima de la estructura magnética (Zt), la profundidad de la parte intermedia de la capa (Z0, o profundidad del centroide) y finalmente la profundidad de la base (Zb). Esta última asociada a la profundidad de la Temperatura de Curie. El análisis se realizó en un área de aproximadamente 14 200km², que incluyó el Campo Geotérmico de Las 3 Vírgenes (CGTV); se dividió en 9 ventanas con dimensiones de 50 x 50 km cada una las cuales tuvieron un traslape del 50%. La distribución de las mismas permitió analizar datos tanto de la parte continental como de la parte oceánica. Los resultados obtenidos promedian una profundidad de la temperatura de Curie de 4.7 km lo que deriva en un gradiente geotérmico de 123 °C/km. Como producto final del procesamiento se elaboró un mapa mediante el método de interpolación por mínima curvatura lo que nos permitió observar que la anomalía de profundidades someras tiene una dirección preferencial hacia el Este en la parte oceánica. Por otro lado, la ubicación de las fallas principales y los puntos de manifestaciones geotermiales identificadas en la zona del CGTV coinciden con los límites de la anomalía. El procesamiento de los datos aeromagnéticos mediante la metodología empleada nos permitió demostrar que la técnica puede llegar a ser una herramienta muy importante y barata en la etapa de la exploración regional. Lo anterior ayudaría a tener una adecuada y eficiente planeación de las subsiguientes actividades de campo dentro de la Geotermia. Agradecimientos. Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACyT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

SE06-34 CARTEL

EXPLORACIÓN MAGNETOMÉTRICA EN CALDERA LA PRIMAVERA, JALISCO

Fierro Macías Carlos Daniel¹, Cifuentes Nava Gerardo²,
Núñez Cornú Francisco Javier³ y Cárdenas-Soto Martín⁴

¹Posgrado en Geofísica, Centro Universitario de la Costa, UdeG

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOC, UdeG

⁴Departamento de Ing. Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM, FI-UNAM
carlosd.fierrom@gmail.com

Dentro de los objetivos fundamentales del proyecto P24, "Exploración sísmica pasiva y magnetotélrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de La Primavera", del Centro Mexicano de Innovación en Energía-Geotérmica (CeMIE-Geo), se llevó a cabo un levantamiento simultáneo de magnetometría y gravimetría dentro y alrededor del área de Caldera La Primavera, en tres campañas independientes con duración total de 22 días, la primera entre agosto y septiembre de 2017 y la segunda y tercera en mayo y junio de 2018, respectivamente. Se registró un total de 622 estaciones magnéticas y se tomaron 25 mediciones de susceptibilidad magnética en algunos afloramientos de las secciones norte y centro de la caldera. La Caldera de La Primavera se ubica a 20 km al oeste de la ciudad de Guadalajara, cerca de la intersección de los graben de Colima, Chapala y Tepic-Zacoalco. Es un complejo volcánico riolítico, empezó su formación hace 120,000 años, seguido del colapso de la cámara magmática hace 95,000 años 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. A partir del estudio realizado, se observa una anomalía magnética dentro de la caldera que domina el panorama regional, que puede asociarse a la propia caldera. También se presentan anomalías más marcadas, pero con longitudes de onda más cortas, cuyos orígenes pueden estar asociados, a los domos riolíticos circundantes. Para determinar la profundidad del basamento magnético se utilizaron las técnicas de deconvolución de Werner, señal analítica y deconvolución extendida de Euler, obteniendo profundidades de entre 2200 y 2600 metros debajo de la estructura principal de la caldera. Los alineamientos detectados tienen tendencias predominantes NE-SW, de alrededor de 60°. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de un análisis de pseudo-gravedad, la parte más profunda del basamento está localizada al NE y las estructuras más someras se ubican al sur de la caldera, mostrando una tendencia de disminución de la profundidad del basamento con dirección NE-SW.

SE06-35 CARTEL

ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DENTRO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LA SIERRA DE LA PRIMAVERA

Padilla Lafarga Andrea Alejandra¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús²,
Núñez Cornú Francisco Javier³ y Morala Valenzuela Carlos Ramón⁴

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente - Universidad de Guadalajara

²Unidad Académica de Ciencias de la Tierra - Universidad Autónoma de Zacatecas

³Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio - Universidad Autónoma de Sinaloa
ing.andrea.padilla@hotmail.com

Dada la necesidad de evaluar las zonas con actividad geotérmica, en este trabajo se presentan los resultados de las tres campañas de adquisición de datos gravimétricos del proyecto P-24 "Exploración sísmica pasiva y magnetotélrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de La Primavera" comprendidos del 31 de agosto al 07 de septiembre del 2017, del 07 al 12 de mayo y 13 al 18 de junio del año en curso, con un total de 304 puntos medidos con un gravímetro Scintrex CG-5; de los cuales 229 corresponden a estaciones con una separación aproximada de 500 m, 13 establecido como puntos de control y 3 puntos establecidos como puntos de amarre; así como, 56 puntos ubicados al exterior de la caldera con una separación aproximada de 1 km para obtener un contraste de gravedad. Se analizaron y procesaron las observaciones GNSS, así como la realización de series de tiempo de las bases utilizadas en los levantamientos, empleando un software académico y comercial mediante la implementación de modelos de corrección ionosférico, troposférico, y marea terrestre. Las posiciones obtenidas bajo este procedimiento de análisis, se utilizaron para el procesamiento de los datos gravimétricos. Estos datos se procesaron aplicando correcciones por marea, deriva instrumental, latitud, aire libre, Bouguer y topografía del terreno, utilizando el software comercial Oasis Montaj- Geosoft. Como resultado de este procesamiento, se han obtenido mapas de Anomalía de Bouguer Completa, regional y residual, cuya interpretación describe la respuesta estructural geológica profunda que puede estar asociada a posibles zonas geotérmicas.

SE06-36 CARTEL

ANÁLISIS Y ESTUDIO DE SISMICIDAD EN LA REGIÓN DE LA CALDERA DE LA PRIMAVERA, JALISCO

Solorio Magaña Guillermo¹, Quinteros Cartaya Claudia Beatriz², Rowe Charlotte², Núñez Cornú Francisco Javier³, Núñez Escribano Diana⁴ y Sandoval Hernández Juan Manuel⁵

¹Universidad de Guadalajara, UDG

²LANL

guillermo.solorio.m@gmail.com

La zona de la Primavera, en el estado de Jalisco, se encuentra en los límites NE de la región tectónica y volcánicamente activa conocida como el Bloque Jalisco, entre los graben de Tepic-Chapala-Zacoalco. Sismos importantes han ocurrido cercanos a esta zona, tales como el de 1568 M=7.2 en Ameca, el de 1875 M=7.5 en San Cristóbal de la Barranca, y más recientemente, las secuencias sísmicas en las inmediaciones de La Primavera y Zona Metropolitana de Guadalajara de diciembre del 2015 y mayo del 2016, cuyo evento principal de M=4.8 fue percibido con intensidad MMI VI en partes de la ZMG, provocando daños ligeros. La región contiene desarrollos y propuestas de infraestructura energética, en este caso, plantas y pozos de generación de energía eléctrica en el campo geotérmico de Cerritos Colorados, con potencial de 75 MW. Dentro del marco del proyecto P24 del CeMIEGeo "Exploración sísmica pasiva y magnetotélrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de La Primavera", se instaló una red sísmica local con 25 estaciones Obsidian y sismómetros Lennartz-3D de período corto en La Primavera e inmediaciones, en un arreglo rectangular de 5 x 5 estaciones y una separación de 2-3 km entre cada una, durante un período de 8 meses (Septiembre/2017-Abril/2018) para estudiar la sismicidad asociada a la caldera y a estructuras tectónicas cercanas. De manera preliminar, se localizaron 262 eventos en la zona, usando el software de localización Antelope, de los cuales, 49 ocurrieron dentro del Bosque de La Primavera, 168 eventos ocurrieron en las inmediaciones de la caldera, en la ZMG, principalmente en el valle de Tesistán y Zapopan (151 eventos). De igual manera se localizaron 19 eventos corticales a profundidad intermedia (40 km-100 km) cercanos a la región, y 25 eventos de foco profundo (>100 km) en la región del bloque Jalisco. Se calculó la magnitud local para los eventos anteriores, cuyo mayor evento ocurrió el 3/Septiembre/2017 (ML=3.8). Posteriormente se realizó una relocalización con el software HYPO71 usando un modelo de velocidades local acorde con la región, con el cual se obtuvieron 235 relocalizaciones. Así mismo, se realizó el análisis espectral de los eventos someros ocurridos en La Primavera y la estimación de mecanismos focales para determinar la naturaleza de la fuente, con el fin de contribuir a los estudios de exploración de posibles zonas potenciales para la explotación de energía geotérmica.

SE06-37 CARTEL

TOMOGRAFÍA SÍSMICA TRIDIMENSIONAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA, A PARTIR DE LA SISMICIDAD LOCAL

Cruz Hernández Stephani¹, Calo Marco², Angulo Carrillo Joel² y Figueroa Soto Ángel³

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
stephani.cruz@hotmail.com

La caldera de Los Humeros, Puebla, es el resultado de una serie de eventos magmáticos del tipo explosivo durante el Terciario al Cuaternario, situándose en la porción más oriental del Eje Neovolcánico Mexicano. Siendo el tercer campo geotérmico del país alcanzando una capacidad de 94 MW, es de suma importancia conocer en el detalle la estructura de la caldera para planear actividades de expansión del campo. En el marco del proyecto de colaboración entre México y Europa, Gemex, se instaló una red de 46 sismómetros en septiembre 2017 (20 estaciones de período corto de 1s y 26 de banda ancha de 120s) con el fin de estudiar, caracterizar y monitorear el campo geotérmico. Durante el análisis de la sismicidad en los primeros tres meses, se lograron detectar ya más de 35 sismos locales, la mayoría de ellos localizados en la parte NW del campo geotérmico y con magnitudes entre 0.5 y 3. El proceso de picado de las fases sísmicas P y S se llevó a cabo de forma manual para asegurar una elevada calidad de las estimaciones de los tiempos de arribo. En este trabajo se presentan resultados preliminares de una tomografía sísmica tridimensional de la caldera de Los Humeros para estudiar la estructura del campo hasta 5 km de profundidad. Con este fin se está aplicando el método de tomografía por Doble Diferencia (Zhang and Thurber, 2003) lo cual permite de incorporar en el proceso de inversión dos conjuntos de datos: 1) los datos absolutos obtenidos del picado de las fases sísmicas y 2) los datos diferenciales calculados entre pares de sismos cercanos registrados en la misma estación. La técnica que se está aplicando permite entonces incrementar la cantidad de información disponible para la inversión tomográfica y mejorar la resolución del modelo. Se presentarán los modelos preliminares de velocidad sísmica de las ondas P y S junto con pruebas realizadas con datos sintéticos que permitirán de evaluar la capacidad del método y de los datos de reconstruir modelos detallados. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACYT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084

SE06-38 CARTEL

SISTEMA DE ADQUISICIÓN AEROMAGNÉTICA FLUXGATE CON DRONES: CASO CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS

Arzate Monterrubio Andres¹, Arzate Flores Jorge Arturo², Corbo Fernando³, Garza Juan Carlos⁴, Tovar Castillo Erick⁵, Olivares Pedro⁵ y Villamichel Lemus José Eduardo⁵

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

²National University of Mexico

³Cátedras Conacyt

⁴Laboratorio de Geofísica, Centro de Geociencias

⁵AV3 Aerevisual

arzatem@gmail.com

La exploración geofísica ha evolucionado rápidamente tanto en el procesamiento e interpretación de bases de datos a través del desarrollo de software así como en la tecnología de adquisición con el uso de instrumentación cada vez más sofisticada y precisa. Un ejemplo de esto último es el sistema de adquisición aero-magnético utilizando drones programados que transportan a altura y velocidad constante un magnetómetro fluxgate de tres componentes (LEMI-026) que se miden de forma independiente, incluida la desviación instantánea de la vertical (tilt), la posición y el tiempo, todo referido a una estación base de las mismas características. A diferencia de los sistemas de adquisición aeromagnética con drones que utilizan magnetómetros de protones, el sistema desarrollado como parte de este trabajo no solo es más ligero y de alta resolución, sino que permite la interpretación individual de las componentes del campo magnético o bien la estimación del campo total para su interpretación. Sin embargo, la redundancia de datos tensoriales adquirida por el sensor fluxgate proporciona mayores alternativas de visualización e interpretación que la magnitud del campo por sí sola que constituye en realidad un campo escalar. Este sistema de adquisición, desarrollado como parte de un proyecto CEMIE-GEO (P5), es también de bajo costo y permite cubrir en cuestión de minutos extensiones de terreno que tardarían días en cubrirse utilizando magnetometría terrestre, con la ventaja conocida de que es posible explorar zonas de difícil acceso y controlar tanto la velocidad como la altura del sensor con mucha precisión. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de un levantamiento en la zona central de la caldera de Los Humeros, en donde se asocia un alto gradiente magnético a la zona de mayor producción del yacimiento geotérmico. Los resultados muestran la versatilidad de esta nueva herramienta geofísica para llevar a cabo estudios de reconocimiento y diagnóstico regional de prospectos geotérmicos o mineros, pero igualmente puede ser utilizada como una herramienta para detallar estructuras y contrastes litológicos con propósitos geológicos o de ingeniería ambiental entre muchas otras aplicaciones.

SE06-39 CARTEL

ESTRUCTURA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS USANDO TOMOGRAFÍA DE RUIDO SÍSMICO

Granados Iván¹, Calo Marco¹, Figueroa Soto Ángel², Angulo Carrillo Joel¹, De Jesús Amador José Manuel², Oregel Luis², Perton Mathieu³ y Jousset Philippe⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM

⁴GFZ German Research Centre for Geosciences
igranados@igefisica.unam.mx

Uno de los mayores campos geotérmicos en México ($T > 350^\circ\text{C}$) es el instalado en Los Humeros, Puebla, el cual ha sido estudiado durante las últimas décadas. Actualmente la planta geo-termoeléctrica cuenta con aproximadamente 45 pozos (inyectores y productores), de los cuales únicamente 21 son usados. Sin embargo, hasta ahora la parte profunda del sistema geotérmico no es muy conocida, y tampoco se conoce a detalle la fuente de calor que lo alimenta, haciendo difícil entender la nula eficiencia de algunos pozos o para planear extender la capacidad de la planta. En este trabajo se muestran los resultados de la tomografía de ruido sísmico empleando 45 estaciones sísmicas instaladas en el marco del proyecto conjunto México - Unión Europea (GeMex). El procesamiento de los datos de los primeros meses de registro permitieron reconstruir las funciones de Green, y usando el código NDCP, se obtuvieron las curvas de dispersión, con las cuales se construyeron los tomogramas para la caldera de Los Humeros para periodos entre 1 y 5 s. Se espera que los tomogramas de periodo más largo sean capaces de iluminar la fuente de calor que alimenta al sistema geotérmico, permitiendo una mejor planeación para actividades futuras de este sistema geotérmico. Este trabajo fue desarrollado dentro del marco del consorcio México - Unión Europea GeMex (Cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico, PT5.2 N: 267084, financiado por CONACYT-SENER: S0019, 2015-04).

SE06-40 CARTEL

MORFOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA FALLA ACOCULCO Y SU POSIBLE INFLUENCIA EN EL SISTEMA GEOTÉRMICO ACOCULCO

Robles Pereznegrón Miranda¹, Garduño Monroy Víctor Hugo², Nájera

Blas Sergio Manuel², Jiménez Haro Adrián³, Gómez Álvarez Fidel²,

Gómez Cortés Joaquín² y García Hernández Oscar Humberto²

¹(1) Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM, Campus Morelia, (2)

Cooperación en investigación geotérmica Europa-México para el desarrollo de sistemas geotérmicos mejorados y sistemas geotérmicos supercalientes GEMex.(2)

²(1) Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH, (2) Cooperación en investigación geotérmica Europa-México para el desarrollo de sistemas geotérmicos mejorados y sistemas geotérmicos supercalientes GEMex.

³Cooperación en investigación geotérmica Europa-México para el desarrollo de sistemas geotérmicos mejorados y sistemas geotérmicos supercalientes GEMex.
mirandaroblespereznegron@gmail.com

El Sistema geotérmico Acoculco se localiza en el sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y la Sierra Madre Oriental (SMO), entre los estados de Puebla e Hidalgo. Estratigráficamente la zona de estudio está conformada por un basamento de rocas carbonatadas y terrígenas de diferentes ambientes de depósito desde el Jurásico Inferior hasta el Cretácico Superior, rocas intrusivas félsicas del Terciario, discordantemente se encuentran los depósitos pertenecientes al complejo volcánico Acoculco, con episodios pre-caldera del Plioceno Tardío, depósitos de caldera básicos y flujos de lava riolíticos (2.6-2.2 Ma), eventos de flujos de lava, ignimbritas, domos y finalmente depósitos de ignimbrita, domos riolíticos y conos basalto-andesíticos al S-SE de la caldera. Los eventos tectónicos en el área inician desde la Orogenia Laramide; caracterizada como una fase compresiva NE-SW del Cretácico Superior-Paleoceno siendo afectado el basamento, posteriormente el régimen de la zona es de extensión NE-SW, para el Mioceno-Plioceno se genera extensión con dirección NW-SE acompañada del emplazamiento de vulcanismo, en la etapa post-caldera (2-1 Ma) se desarrolla extensión N-S local atribuida a la resurgencia de la caldera que produce un sistema escalonado que culmina con estructuras distensivas. El presente estudio se enfoca en comprender la geometría, cinemática y dinámica de la Falla Acoculco y su relación con el vulcanismo y el sistema geotérmico actual mediante morfología estructural, fotointerpretación, datos estructurales y análisis de desplazamiento con GPS diferencial. El lineamiento de la Falla Acoculco tiene una longitud aproximada de 23 km con dirección NW-SE y desplazamiento lateral derecho, está relacionada a vulcanismo riolítico que tiende a composiciones peralcalinas post-caldera del Pleistoceno, todos ellos extra-caldera de 0.9 a 0.06 Ma. De acuerdo a los resultados obtenidos con GPS diferencial existe una fuerte tendencia de desplazamiento del bloque NE de la falla hacia el Sureste. El aporte de magma peralcalino reciente (2-1 Ma) a través de la Falla Acoculco sugieren que es una estructura profunda que en la superficie puede estar conectada a estructuras secundarias, facilitando el flujo de fluidos en el sistema geotérmico. La dirección del campo de esfuerzos actual, no es desfavorable para el ascenso de flujo de fluidos dado un posible régimen compresivo N-S y la dirección del desplazamiento mostrada por los resultados de GPS reafirman el movimiento lateral derecho, lo cual no podría ser completamente perjudicial para el flujo de fluidos del sistema geotérmico.

SE06-41 CARTEL

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS SUPERFICIALES EN ZONAS DE FALLA Y ÁREAS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL AUXILIADA DE SENSORES REMOTOS, EN LOS CAMPOS GEOTÉRMICOS ACOCULCO Y LOS HUMEROS, PUEBLA

Nájera Blas Sergio Manuel¹, Ojeda Macedo Hatziri Aileen² y Garduño Monroy Víctor Hugo²

¹Grupo Energía México GEMex

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto Nacional de Investigación en Ciencias de la Tierra, Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio. Grupo Energía México GEMex
sergionajerablas@gmail.com

El presente trabajo se realizó la identificación superficial de alteraciones hidrotermales y anomalías térmicas superficiales en los campos geotérmicos de Los Humeros y Acoculco, ambas zonas se localizan en el extremo poniente de la república mexicana entre el Cinturón Volcánico Trans-mexicano (CVTM) y la Sierra Madre Oriental (SMO), se caracterizan por presentar intensa alteración mineral y manifestaciones hidrotermales, la primera ligada al magmatismo Post Laramidico y la segunda a magmatismo del CVTM, que pudimos identificar con el procesamiento de imágenes satelitales multispectrales Landsat 8 y ASTER, estas fueron usadas para identificar zonas anómalas dentro de la caldera y eventualmente algunas zonas fuera de ellas. Se hizo el procesamiento y combinación de algunas bandas para detectar alteraciones de minerales así como cambios térmicos en estas zonas para identificar algunas zonas de interés geotérmico. Se procesaron una serie de modelos en las dos áreas para tratar de identificar zonas potenciales cercanas o no a estructuras, apoyado con la combinación de diferentes bandas (SWIR) y (NIR), resaltando la presencia de óxidos, e hidróxidos (los primeros químicamente contienen oxígeno combinado con un metal y para los segundos algún metal combinado con el radical importante es OH⁻), en donde la respuesta de espectro será importante para la comparación entre las mismas. Por otro lado, con las bandas TIR pudimos identificar las anomalías térmicas en los campos.

SE06-42 CARTEL

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL SISTEMA GEOTÉRMICO SAN FELIPE, BAJA CALIFORNIA

Errasti-Orozco Marcela, Prol Ledesma Rosa María,
Flores Xochitl y Rodríguez Díaz Augusto Antonio
UNAM, IGEOF
marcelaerrasti@hotmail.com

San Felipe se ubica en la parte norte de la Península de Baja California en la costa del Golfo de California. Esta zona presenta características de un sistema geotérmico como manantiales intermareales y alteración hidrotermal, por lo que se llevó a cabo una campaña de exploración geológica y geoquímica. Se identificaron cuatro zonas con descargas termales intermareales a lo largo de la costa, estas son: San Felipe, San Fernando, Punta Estrella y El Coloradito; hacia el interior en la Sierra San Pedro Mártir se encuentran los manantiales de Valle Chico. La geología del área de San Felipe está definida por los procesos tectónicos relacionados con la apertura del Golfo de California, en donde afloran rocas metamórficas que constituyen el basamento y parte del Batolito Peninsular emplazado durante el Cretácico Superior característico de la Sierra San Pedro Mártir. Aflora también la unidad volcánica del Plio-Cuaternario y depósitos sedimentarios del Cuaternario. Las descargas termales de San Felipe se encuentran adyacentes a una brecha hidrotermal. Durante la campaña de exploración geoquímica se muestrearon los manantiales termales y pozos de la planicie costera. Los manantiales presentan descargas de agua y gas, se midieron temperaturas en un rango de 31 a 74°C y Ph de 6.1 a 6.5. Los parámetros físico-químicos se midieron in situ para posteriormente complementar la información con los análisis químicos de laboratorio. Los pozos presentan temperaturas por encima de los 30 °C y pH alcalino en un rango de 7.9 a 8.6. Con los resultados de las concentraciones químicas se pudo aplicar el geotermómetro de Silice a las muestras tomadas en San Felipe y San Fernando en donde las temperaturas más altas se obtuvieron para las muestras de San Fernando con 141°C y 115°C para las de San Felipe. El cálculo del geotermómetro de Na/K para ambas zonas arroja temperaturas en un rango de 191 a 194°C. San Felipe corresponde a un play geotérmico de tipo extensional activo en donde el sistema geotérmico está asociado a un control estructural y cuya temperatura media-alta podría suponer un recurso energético que se puede aprovechar en la región. Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

SE06-43 CARTEL

GEOLOGÍA DE LA CALDERA DE TULANCINGO, HIDALGO-PUEBLA: VERSIÓN ACTUALIZADA

Aguirre Díaz Gerardo de Jesús¹, López Hernández Aída², De la Cruz Jasso Katia Andrea¹, Coutiño Taboada Mariana Elizabeth¹ y Garay Delgado José Gerardo¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia-Michoacán
ger@geociencias.unam.mx

Se describe el trabajo de campo realizado durante las Etapas 2 y 3 del Paquete de Trabajo 4.6 del proyecto GEMex. Durante estas salidas de campo se recopilaron datos geológicos, estratigráficos, y vulcanológicos, así como muestras para ser fechadas por medio de la técnica Ar-Ar y para inspección con el microscopio petrográfico. Eventualmente, estas muestras serán analizadas químicamente en la siguiente etapa del proyecto. El trabajo geológico incluye el área que abarca a la estructura reportada previamente como caldera de Tulancingo (López-Hernández et al., 2009), y por lo tanto se trata de un estudio regional, con una cobertura de aproximadamente 60 x 40 km, concentrándose en una estructura modificada de la caldera de Tulancingo, que en trabajos previos se infería como semicircular y que ahora proponemos de forma poligonal y controlada por las fallas y lineamientos regionales. Por su naturaleza de caldera, el trabajo se concentró en las ignimbritas, los depósitos piroclásticos de caída y los domos volcánicos aparentemente relacionados con la estructura de Tulancingo. Además, se cartografiaron y se recolectaron muestras de los conos de escoria y lavas máficas asociadas. Como resultados preliminares se concluye que las principales ignimbritas y depósitos de caída de varios metros de espesor intercalados con éstas, fueron emitidos de la caldera de Tulancingo, y que el vulcanismo más reciente es el de los conos de escoria cuaternarios. Por lo tanto, inferimos que la fuente principal de calor para los fluidos hidrotermales con intereses geotérmicos que se encuentra en la zona central conocida como Acoculco, estaría más bien relacionada al magmatismo de los conos de escoria, los cuales están controlados por las fallas regionales de la zona, notoriamente con rumbos NE y NW. Financiado por Proyecto GEMex, SENER-CONACYT 268074.

SE06-44 CARTEL

INVERSIÓN DE UN MODELO 3D CON DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LAS DERRUMBADAS, PUEBLA PARA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Córdova Ríos Abigail¹, Gutiérrez Carmona Dulce María E.² y Garduño Monroy Víctor Hugo³

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Cooperación México Europa para la investigación de sistemas geotérmicos mejorados y sistemas geotérmicos super calientes, GEMex

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
abi.panda.130594@gmail.com

El área de estudio corresponde a Las Derrumbadas, un par de domos volcánicos de composición riolítica que se encuentran en la parte centro-oriental del estado de Puebla. Estos domos, están en una zona donde se han encontrado diversas manifestaciones geotérmicas, las cuales han sido estudiadas en ocasiones anteriores con fines hidrogeológicos y geotérmicos, sin embargo, el gradiente geotérmico registrado por éstos, no ha sido el suficiente para la explotación geotérmica con fines energéticos. Por lo tanto, se realizó un estudio magnetotelúrico que constó de 46 sitios. Los datos obtenidos mediante este estudio se invirtieron en un modelo 3D, en el que se observan tres principales anomalías conductoras (<7 Ohm-m); una al NW del domo sur, (entre los dos domos), que se extiende desde la superficie hasta los 1300 m de profundidad y con un ancho de 600 metros, y las dos restantes más pequeñas al E del domo norte. Por otro lado, también se han encontrado algunas anomalías resistivas (750-1000 Ohm-m): una al W del domo sur, localizada cerca de un afloramiento de calizas (según CeMIEGeo p-17, 2015), desde niveles someros hasta los 3000 m de profundidad, con una extensión a lo ancho de 3000 metros y una más al E del domo norte, entre los dos conductores más pequeños mencionados anteriormente, con 1 km de ancho, llegando hasta los 3000 metros de profundidad. El análisis de estas anomalías y su interpretación geológica pretende aportar nueva información del posible yacimiento geotérmico del área estudiada.

SE06-45 CARTEL

CARACTERIZACIÓN AEROMAGNÉTICA DE LA CALDERA DE ACOLCULCO, PUEBLA

Gómez Cerino Yaneth¹, Gómez Cortés Joaquín² y Garduño Monroy Víctor Hugo³

¹Instituto Tecnológico de la Chontalpa, ITECH

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, GEMex
yanethgomez250@gmail.com

La Caldera de Acoculco se localiza en la Faja Volcánica Transmexicana, en el Centro-Este del país, en la comunidad de Acoculco en el estado de Puebla y en los límites con la Sierra Madre Oriental. La caldera tiene un diámetro de 18 km y una edad de 2 Ma, está compuesta por rocas basálticas, andesíticas- basálticas y dacíticas – riolíticas. Las investigaciones realizadas con anterioridad por la Comisión Federal de Electricidad desde los años 80's evidencian que, en la zona existen temperaturas superiores a los 300°C, alteraciones hidrotermales y permeabilidades casi nulas, de igual manera, los nuevos estudios realizados indican que existen dos sistemas de fallas con génesis diferentes, la primera de poca profundidad ligada a la caldera y la segunda de gran profundidad ocasionada por el contexto regional. La técnica utilizada para este estudio fue la magnetometría, que es la encargada de medir las variaciones del campo magnético terrestre, denominadas anomalías magnéticas y que se atribuyen a las rocas. Casi todas las rocas volcánicas son magnéticas debido a que contienen pequeñas cantidades de minerales magnéticos como la magnetita y la titanomagnetita. El estudio aeromagnético de la caldera se realizó con el propósito de caracterizar geológica y estructuralmente el sistema geotérmico. A través de la información aeromagnética obtenida por el Servicio Geológico Mexicano, la cual fue procesada mediante filtros matemáticos y comparada con la geología regional, se pudo determinar la distribución espacial de las anomalías aeromagnéticas y su relación con estructuras y cuerpos geológicos superficiales y profundos de la zona de estudio. Además, fue posible caracterizar la geometría, y dimensiones de las principales estructuras y su posible relación con el sistema geotérmico. El mapa de reducción al Polo mostró un mínimo de dimensiones regionales que cruza la zona de estudio de NW a SE y al compararla con la geología regional fue posible verificar que se trata de una cadena alargada de cuerpos magnéticos con la misma dirección. Se observó un bajo magnético regional, separados por altos magnéticos locales alargados en dirección NE-SW. Se evidenciaron anomalías positivas, una de ellas ocupa el centro de la caldera de Acoculco, ellas se pueden deber al efecto de intrusiones someras, posiblemente por los diques andesíticos o dioríticos existentes. En conclusión, los resultados obtenidos indican que las anomalías son causadas por diques y conductos volcánicos de intrusiones someras, que parecen estar asociadas al magmatismo más reciente y que actúa como fuente de calor en el sistema geotérmico.

SE06-46 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE FALLAS INTRACALDERA EN LA ZONA DE ACOCULCO, MÉXICO

Gómez López Lizbeth¹, Jiménez Haro Adrián²,
Gómez Álvarez Fidel¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo²

¹Instituto Tecnológico de la Chontalpa, ITECH

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
lizz_giricute@hotmail.com

La zona geotérmica de Acoculco se encuentra ubicada en la parte este del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) en el estado de Puebla. La evolución vulcanológica de la Caldera de Acoculco se agrupa en tres secuencias litológicas principales: pre, syn y post caldera, conformadas por conos de escoria y lavas basálticas, andesíticas, domos riolíticos, dacíticos y flujos piroclásticos. Durante la fase precaldere (1.7-1.6 Ma) de actividad efusiva, se originaron rocas que pertenecen a la serie calcoalcalina, mientras que en la segunda etapa ocurrió un colapso (1.4-1.26 Ma) que originó fallas normales en la parte N y por último la resurgencia de la caldera (1.3-0.8 Ma) generó nuevos domos con fallamiento apical asociado en la parte centro y oeste de la caldera. La zona fue explorada en la década de los 80's por la Comisión Federal de Electricidad quien realizó dos perforaciones que tuvieron como objetivo cortar en profundidad fallas de orientación E-W, encontrando así temperaturas elevadas pero con ausencia de permeabilidad. Debido a ello se caracterizó a la zona como candidata para el desarrollo de un EGS. Dentro de los estudios de evaluación cinemática en zonas comprometidas con procesos caldericos es muy importante separar los procesos de deformación discontinua ligados únicamente a la evolución de la caldera ya que ellos pueden generar distracciones o malas interpretaciones en la cinemática regional. Por ello en este trabajo se presentará solamente las estructuras ligadas a la evolución vulcanotectónica de la caldera de Acoculco. En la cartografía y el levantamiento estructural fueron claras las estructuras E-W y NE-SW ligadas a la evolución de la caldera, seguramente ellas generando los procesos de alteración hidrotermal que han desconfigurado la morfología de los centros eruptivos mas recientes; sin embargo un cuidadoso levantamiento estructural nos ha ayudado a proponer que las estructuras ligadas a la caldera son estructuras superficiales y que solamente ayudan a comunicar a los fluidos geotérmicos con la superficie y el yacimiento geotérmico a través de los sistemas mas regionales localizados en las andesitas Miocénicas y en los Carbonatos Mesozoicos.

SE06-47 CARTEL

P-00-RH - FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE ALTO NIVEL ESPECIALIZADOS EN GEOTERMIA: DIPLOMADOS, MAESTRÍA Y DOCTORADO

Membrillo-Abad Alejandra Selene, Gómez Torres Mayela Clemencia, Fernández de la Vega Márquez Luz Tamara, González Alfaro Alejandra y Prol Ledesma Rosa María
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
smembrillo@gmail.com

El objetivo del proyecto transversal del CEMIE GEO de formación de recursos humanos de alto nivel especializados en Geotermia: diplomados, maestría y doctorado tuvo como objetivos: formar recursos humanos a nivel de especialización técnica en las distintas áreas de la industria geotérmica; elaboración de planes de estudio para la formación de especialistas a nivel de maestría y doctorado ajustando los programas de los posgrados nacionales; y finalmente convertir al CeMIE-Geo en el centro de formación de recursos humanos que concnente a otras instituciones nacionales e internacionales que le permitan ser un referente Internacional. Estos objetivos se alcanzaron a través de las actividades realizadas durante los cuatro años de duración del CeMIE-Geo: i)Entrenamiento técnico de actualización a través de cursos cortos para estudiantes y personal especializado; ii)Adaptación de los planes de posgrado nacional, con cursos atingentes, en donde se incluyó la orientación en Geotermia utilizando las capacidades de profesores e infraestructura de los posgrados Ciencias de la Tierra e Ingeniería existentes en las instituciones de educación superior participantes en el Proyecto y el esquema de becas de CONACyT. Como un recurso adicional para la preparación de profesionales, se llevó a cabo la elaboración de cursos en línea y material didáctico enfocados a la exploración y explotación geotérmica. Se establecieron convenios de colaboración docencia-investigación con universidades internacionales y empresas reconocidas por su vocación a la geotermia. Se apoyó a estudiantes para movilidad, entrenamiento técnico y para finalización de tesis, se han graduado más de 100 estudiantes con temas de Geotermia, el 50% de ellos fueron estudiantes de Posgrado, se logró un alcance internacional con el curso en línea de Introducción a la Geotermia donde se tienen casi 6000 estudiantes registrados y se han graduado hasta la fecha 388 participantes. Se realizaron más de 20 cursos cortos, se impartió Diplomado Corto en Geotermia ofrecido por la ENES Morelia y la UMSNH, todas las instituciones ofrecieron cursos especializados en geotermia dentro de sus posgrados. Está en trámite la aprobación de la Especialidad en Exploración y Aprovechamiento de Recursos Geotérmicos, en el Posgrado de Ingeniería de la UNAM. Se lograron convenios con Universidades y empresas privadas como Universidad de Islandia, Universidad de Reykjavik, Universidad de Auckland en Nueva Zelanda, entre otras, para intercambios estudiantiles. Estos logros indican que se cumplió con éxito el establecimiento de programas para la preparación de una nueva generación de profesionales en Geotermia Los autores agradecen

al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACyT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P-00-RH - FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE ALTO NIVEL ESPECIALIZADOS EN GEOTERMIA: DIPLOMADOS, MAESTRÍA Y DOCTORADO

SE06-48 CARTEL

RESULTADOS Y AVANCES LOGRADOS EN LOS PROYECTOS MEXICANOS P-00-RH - FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE ALTO NIVEL ESPECIALIZADOS EN GEOTERMIA: DIPLOMADOS, MAESTRÍA Y DOCTORADO. CURSOS EN LÍNEA Y DIFUSIÓN DE LA GEOTERMIA

Gómez Torres Mayela Clemencia, Fernández de la Vega Márquez Luz Tamara, Membrillo-Abad Alejandra Selene, González Alfaro Alejandra y Prol Ledesma Rosa María
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CeMIEGeo
mayegt03@gmail.com

En la actualidad el uso de tecnologías de la Información y de la comunicación (TIC) ha jugado un papel importante en los procesos de formación de profesionales y en la difusión de información, es por ello que el proyecto de RH (PRH) elaboró un plan de cursos en línea que permita a nacionales y extranjeros acceder a la enseñanza de nivel posgrado y técnico, proponiendo un modelo flexible de impartición y/o distribución de la enseñanza en el área de la Geotermia. El objetivo principal del uso de las TIC en el PRH es difundir, no sólo el conocimiento a través de la enseñanza sino ser un enlace nacional entre el sector educativo y la industria privada, así como con proyectos de desarrollo de energías limpias y ambientales nacionales y extranjeros, en beneficio de la humanidad y nuestro planeta. Los cursos en línea desarrollados son de nivel básico y nivel intermedio: Introducción a la Geotermia, incluye temas de frontera en geología, geoquímica y geofísica aplicados a la exploración de recursos geotérmicos, así como conceptos básicos de la geotermia y su utilización. Fue lanzado el 1 de agosto de 2017 y obtuvo el sexto lugar en el ranking mundial de mayor demanda de cursos de habla hispana soportados en la plataforma de Coursera. Actualmente se está terminando el curso en línea de Usos Directos, En el cual se abordan temas como el panorama actual de la geotermia, requerimientos de un proyecto, así como la descripción de todos los Usos directos de la energía geotérmica. Los cursos de nivel intermedio son: Geoquímica de la Geotermia. Donde se definen conceptos químicos y conversión de unidades, tipos de agua geotérmica, técnicas de muestreo, medición y análisis; así como modelación geoquímica. El estudiante podrá evaluar: la temperatura de reservorios geotérmicos, el origen de los fluidos y sus direcciones de flujo dentro del reservorio, interpretar características geoquímicas e isotópicas y aplicar los principios de modelación geoquímica para evaluar las reacciones de interacción agua-roca. Geología de la Geotermia. define conceptos generales sobre la estructura interna de la tierra, sus fuentes de calor, así como sus procesos de transferencia. Se brinda información científica sobre lo que es un sistema geotérmico, geología estructural (estructuras y sistemas geotérmicos), geohidrología y plays geotérmicos. Este curso brinda al estudiante las herramientas geológicas necesarias para el desarrollo de un Proyecto Geotérmico. Sistemas de Información Geográfica con aplicaciones en geotermia. Proporciona las metodología a utilizar para que el estudiante desarrolle un Sistema de información Geográfica, clasifique información, la presente de manera visual (en mapas) y en tablas de datos y la manipule para la integración de modelos que ayuden a evaluar la favorabilidad de las zonas geotérmicas. El estudiante podrá analizar el impacto social y económico tras la implementación de un Proyecto Geotérmico. El PRH difunde información a través de Facebook, Instagram, YouTube, Twitter, donde se sube información de los proyectos en forma de mensajes y videos. Las autoras agradecen al CeMIEGeo por el financiamiento otorgado a través del proyecto P-00-RH

SE06-49 CARTEL

COLECCIÓN DIGITAL CEMIEGEO: FUENTE UNIFICADA DE INFORMACIÓN GEOTÉRMICA EN MÉXICO

Salas Ariza Jessica Jazmin¹, Romo Jones José Manuel¹ y Michán Layla²

¹CICESE

²Facultad de Ciencias, UNAM
jsalas@cicese.mx

La Colección Digital del Centro Mexicano para la Innovación en Energía Geotérmica (Colección Digital CeMIEGeo) es una plataforma documental que construida con objeto de sistematizar, facilitar el manejo y proteger la información generada por los proyectos desarrollados por el consorcio CeMIEGeo. Adicionalmente la colección está siendo complementada con información documental relativa a los campos geotérmicos mexicanos que ha sido encontrada en diversas fuentes y repositorios alrededor del mundo. Hasta la fecha de envío de este reporte, la Colección Digital CeMIEGeo contiene un total de 171 productos distribuidos en las principales líneas de investigación en geotermia: Evaluación de los recursos geotérmicos nacionales 29; Desarrollo e innovación de técnicas de exploración 93; desarrollos tecnológicos para explotación 21; Usos directos del calor geotérmico 25. Estos documentos hasta el momento son los principales resultados publicados de los proyectos estratégicos del CeMIEGeo. Los productos indexados en la colección son principalmente tesis, artículos, artículos en extenso, capítulos de libro y carteles

presentados en congresos. Para reunir la información existente de los principales campos geotérmicos del país se construyó una colección bibliográfica de tipo índice o catálogo en línea con la literatura disponible sobre recursos geotérmicos de México, el objetivo de esta colección es recuperar, sistematizar, curar y resguardar literatura de los cinco campos geotérmicos en operación en México: Cerro Prieto, Los Humeros, Los Azufres, Tres Virgenes y Domo San Pedro. Las búsquedas se realizaron en las bases de datos especializadas en geotermia: Geothermal Library del GRC, el Geothermal Paper Database de la IGA y el U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information. Además se utilizó la base de datos de Scopus y Web of Science que tienen indexadas revistas de alto impacto, memorias de congresos y libros. Finalmente se incluyeron algunos documentos inéditos. De las búsquedas realizadas se recuperaron un total de 2556 registros, de los cuales solo 1607 se indexaron. La colección Cerro Prieto cuenta con 995 registros siendo la más grande, además contiene el reporte más antiguo que data de 1958. Las colecciones Los Humeros, Los Azufres, Las Tres Virgenes y Domo San Pedro cuentan con 230, 414, 97 y 10 registros respectivamente. Con esta información reunida y sistematizada, la Colección Digital CeMIEGeo contribuye a que la literatura especializada en geotermia de nuestra región esté reunida, disponible y en los formatos adecuados para un uso compartido, eficiente e innovador que permita mejores tomas de decisiones en la materia.

SE06-50 CARTEL

MONITOREO CON GPS DIFERENCIAL PARA CONOCER EL CAMPO DE ESFUERZOS ACTUAL REGIONAL Y LOCAL EN LAS ZONAS GEOTERMICAS DE ACOCULCO Y LOS HUMEROS, PUEBLA, MEXICO, EN EL MARCO DEL PROYECTO GEMEX

García Hernández Oscar Humberto¹, Ávila Olivera Jorge Alejandro², Muñiz Jáuregui Jesús Arturo³, Garduño Monroy Víctor Hugo¹, Jiménez Haro Adrián³, Robles Pereznegrón Miranda⁴ y Nájera Blas Sergio Manuel³

¹INICIT - UMSNH Maestria en Geociencias y Planificación del Territorio. GEMex

²INIRENA - UMSNH

³GEMex

⁴Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM, Campus Morelia
racso-87@live.com

Las zonas geotérmicas de Acoculco y Los Humeros se alojan en dos calderas. Estas calderas se localizan en la parte oriental de la FVTM, en Puebla, México. Dicha provincia se extiende desde las costas del Océano Pacífico hasta las costas del Golfo de México. El yacimiento geotérmico de Acoculco, está considerado como un sistema geotérmico mejorado (EGS), este ha sido explorado por dos pozos perforados por la CFE, el EAC-1 y el EAC-2 con una profundidad de 1900 m, dando como resultado temperaturas alrededor de los 300°C, pero con una permeabilidad muy baja. No obstante, este gradiente lo convierte en un objetivo interesante para la explotación. Por otra parte, en el sector norte del campo geotérmico de Los Humeros se han encontrado temperaturas muy altas (mayores 300 °C) en comparación con los pozos utilizados actualmente para la producción. El objetivo principal del trabajo es conocer cómo se están moviendo los vectores del campo de esfuerzos actual a nivel regional y local, mediante el monitoreo de estructuras regionales y locales con la ayuda de GPS geodésicos. Con los resultados obtenidos se complementarán otros estudios del proyecto GEMex, como son los de geología estructural y sismología, para poder entender mejor la dinámica de esta parte de la FVTM que afecta a ambas calderas y poder diseñar y dirigir la exploración y explotación de recursos geotérmicos con mayor eficiencia. Se utilizó el método de medición llamado DGPS (Differential GPS) en el cual se utilizan dos o más receptores GPS. En esta modalidad, existe un receptor de referencia y que se denomina estación base, el cual ocupa un punto y del cual se conocen las coordenadas precisas lo cual le permitiría calcular los errores con referencia a este y uno o varios receptores móviles denominados "rovers" que se ubican sobre el punto o puntos que deseamos obtener las coordenadas. La gran ventaja de este método radica en que los errores de posicionamiento, muy similares en ambos puntos, son eliminados en su mayor parte. La red de monitoreo está constituida por 14 puntos de control, distribuidos estratégicamente a lo largo de estructuras que afectan a las calderas, dichas estructuras tienen orientaciones NW-SE y NE-SW. El levantamiento de datos se realiza cada seis meses y se hará durante cuatro años (actualmente se han realizado tres campañas). Se tuvo la "fortuna" de que antes del segundo monitoreo se presentara el sismo del 19 de septiembre del 2018, que afectó la zona de estudio y cuyos efectos están mostrando un vector de desplazamiento más sólido. Como resultados preliminares se obtuvieron vectores de movimiento, producto del campo de esfuerzos que actúa sobre las estructuras regionales NW-SE y NE-SW, mostrando desplazamientos horizontales de hasta 3 cm con dirección hacia el Sureste lo cual rectifica que ambas calderas se encuentran en una zona tectónicamente activa donde las fallas y bloques presentan movimientos relativos, característica ideal para la reapertura de fracturas y fallas previamente selladas y para movilidad de los fluidos en los sistemas geotérmicos.

SE06-51 CARTEL

MEJORAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA RESPUESTA MAGNETOTELÚRICA A TRAVÉS DEL ALGORITMO ROBUSTO DE INFLUENCIA ACOTADA (BIRRP)

Rebollo Tapia Abraham Raymundo¹, Salas Corrales José Luis², Sánchez Andrade Abner Isai³, Arango Galván Claudia², Romo Jones José Manuel⁴ y Avilés Esquivel Thalia Anaí⁴

¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California, CICESE
areta1692@yahoo.com

El método magnetotelúrico (MT) consiste en estimar la distribución de la resistividad del subsuelo a través de múltiples mediciones de las fluctuaciones temporales de campos electromagnéticos. La actividad antropogénica relacionada con la manipulación de la energía electromagnética tiene una influencia en la respuesta magnetotelúrica perjudicando su estimación. En este trabajo se realiza la implementación del esquema de estimación robusta de influencia acotada (BIRRP - Boundend Influence Remote Reference Processing), para mejorar la estimación de las curvas de resistividad aparente y fase afectadas por ruido electromagnético de origen antropogénico. Este algoritmo permite realizar la estimación utilizando la técnica de referencia remota, lo que incrementa la calidad de las curvas que se obtienen. En este sentido se comparan los resultados obtenidos a partir de una metodología de proceso convencional con los obtenidos con el BIRRP. Así es posible demostrar que el esquema robusto del algoritmo genera una mejora sustancial y avala la utilidad de la referencia remota para el procesamiento de los datos. Se presentan resultados en datos fuertemente afectados por ruido antropogénico medidos en las inmediaciones del campo geotérmico de Los Humeros (Puebla).

SE06-52 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y GEOLÓGICA DEL SISTEMA GEOTÉRMICO LA ESCALERA, MICHOACÁN, MÉXICO

Pérez Zárate Daniel¹, Estrada Murillo Aurora María¹, Prol Ledesma Rosa María¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², Jácome Paz Mariana Patricia³, González Romo Irving Antonio³, Rodríguez Salazar María Teresa de Jesús³ y Magaña Torres Elizabeth³

¹Instituto de Geofísica, UNAM, IG-UNAM

²Instituto de Geofísica/Facultad de Química UNAM

³ENES-UNAM campus Morelia

depez@igeofisica.unam.mx

En este trabajo se presenta un estudio geoquímico y geológico del sistema geotérmico La Escalera localizado al sur de la caldera nombrada con el mismo nombre. Esta caldera pertenece al Mioceno temprano (22.3-18.9 Ma) y forma parte de las unidades volcánicas de la Sierra de Mil Cumbres. Con el objetivo de entender las características hidrogeoquímicas, geológicas y la interacción agua-roca del sistema, se llevó a cabo una campaña de trabajo de campo para la medición de parámetros fisicoquímicos de los manantiales, la recolección de muestras (agua y roca) y la evaluación geológica de la zona. Las muestras de agua y roca fueron analizadas usando métodos químicos para determinar sus características principales y evaluar el balance de masa, procesos de mezcla, la estimación de la temperatura del yacimiento geotérmico y la interacción agua-roca. Los manantiales del sistema geotérmico presentan temperaturas de descarga de 46 ± 8 °C, valores de pH de 7 ± 1, una conductividad térmica de 2.7 ± 0.2 mS/cm y una alcalinidad de 1,160 ± 81 mg/L como CaCO₃. La clasificación hidrogeoquímica indica la presencia de aguas tipo sódico-bicarbonatadas, las cuales se encuentran cerca de la zona de equilibrio parcial en el diagrama de Giggenbach (1988). Las temperaturas calculadas usando geotermómetros de soluto sugieren una temperatura de reservorio mínima de 90 ± 7 °C y una temperatura máxima de 124 ± 11 °C. En la zona de estudio fueron identificados diversos sistemas de fallas (NE-SW, NW-SE, NNE-SSW y E-W) y fracturas, las cuales están activas y permiten el flujo del fluido geotérmico hacia la superficie. La asociación mineral, hasta el momento identificada, incluye carbonatos (Nahcolita, Trona, Calcita, Magnesiana, Aragonita), ópalo, cuarzo, ferrihidrita, celadonita, montmorillonita, caolinita y pirita. Existe evidencia de alteración argílica y depósitos de travertino en la superficie. Los resultados obtenidos sugieren un sistema geotérmico promisorio de baja-media temperatura. Agradecimientos. Los autores agradecen al Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Proyecto 207032 CONACYT/SENER) por el financiamiento otorgado a través del proyecto P01 titulado: "Mapas de Gradiente Geotérmico y Flujo de Calor para la República Mexicana".

Sesión especial

ESTRATIGRAFÍA, SEDIMENTOLOGÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE NORTEAMÉRICA: CELEBRANDO LA CARRERA GEOLÓGICA DE TIM F. LAWTON EN MÉXICO

Organizadores:

Elisa Fitz Díaz

Edgar Juárez Arriaga

Michelangelo Martini

Yam Zul Ocampo Díaz

SE07-1 PLÁTICA INVITADA

TIM LAWTON: HIS CONTRIBUTIONS TO UNDERSTANDING THE MESOZOIC BASINS IN MEXICO

Molina-Garza Roberto Stanley
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
rmolina@geociencias.unam.mx

Tim Lawton's more important career contributions to the earth sciences are papers on foreland basin evolution based on stratigraphy and sedimentology, as well as the development of the concepts required to understand halokinetic sequences. Yet, Lawton is perhaps best known in the Mexican geo-community for the well cited publication with W. Dickinson on the Carboniferous-Cretaceous evolution of Mexico in GSA Bulletin. This synthesis presents a plausible scenario for the break up of western equatorial Pangea, and the accretion of terranes to the western margin of North America to form the Mexican subcontinent. This paper developed the fundamental concept of the Mezcalera plate. However, out of his 85+ career publications, more than 30 are field-based studies about Mexican Mesozoic and Cenozoic basins, presenting new data and transcending interpretations. Lawton will be best remembered for his numerous publications of the stratigraphy and evolution of Mesozoic basins in northern Mexico. In particular the work of Lawton and co-authors on the Bisbee Basin and Chihuahua Trough, the Sonoran Jurassic intra-cordilleran arc basins, La Popa and other Mexican Laramide foreland basins, and the Jurassic rift basins associated with the opening of the Gulf of Mexico. This are all seminal contributions that have advanced, like the work of no other author, our understanding of Mesozoic to Paleocene depositional systems as well as their relation with tectonic events. In this contribution we highlight some of this work, such as: (1) the progressive development of the extensional Cucurpe seaway in response to slab-roll back in Sonora; (2) the evolution of intra-arc to rift-basin in Huizachal and Todos Santos; (3) the concept of wide-spread extension recorded in Lower Cretaceous strata in Mexico, and the response of Cretaceous basins to the arc amalgamation in the west; and, (4) the reconstruction of Laramide drainage systems from Sonora to the Gulf of Mexico.

SE07-2

PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN HUAYACOCOTLA DEL JURÁSICO INFERIOR Y DE LA ARENISCA ALAMITOS DEL JURÁSICO SUPERIOR, CENTRO DE MÉXICO: IMPLICACIONES EN CAMBIOS PALEOCLIMÁTICOS Y PALEOGEOGRÁFICOS

Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto¹, Torres-Sánchez Sonia Alejandra¹, Augustsson Carita², Barboza Gudiño José Rafael¹, García-Díaz José Luis³, Aceves de Alba Jorge¹, Castro-Larragoitia Javier¹, Martínez-Paco Margarita⁴, Talavera Mendoza Oscar¹ y Saucedo Girón Ricardo³

¹Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UASLP, FI-UASLP

²Department of Energy Resources, University of Stavanger, 4036 Stavanger, Norway

³Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

⁴Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

⁵Grupo de Geología Exógena y del Sedimentario
magonegro_2000@hotmail.com

La región centro-oriental de México ocupa una posición importante que asocia procesos tectosedimentarios relacionados con la margen paleopacífica y con el inicio de la apertura del Golfo de México. Bajo este contexto y de manera particular los escasos afloramientos de la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior (Toarciano?), que son sobreyacidas de forma discordante por las Areniscas Alamitos del Jurásico Superior (Oxfordino) en la inmediaciones de Río Verde, S.L.P., México, representan un caso único de interacción de procesos tectosedimentarios de la margen paleopacífica y del Golfo de México. Sedimentológicamente la Formación Huayacocotla exhibe características de lóbulo deposicional, canal mixto y leves externos, con direcciones de transporte preferencial hacia el 20°NE. Petrográfica y geoquímicamente, las areniscas de la FH presentan procedencias características de arcos continentales dentro de sistemas de tras-arco con valores moderados de los índices de alteración química y de alteración de las plagioclasas. Las Areniscas Alamitos representan sistemas de líneas de costa transgresivas conformadas por canales mareales, dunas marales y depósitos de planicies mareales con direcciones de transporte de sedimentos hacia el 45°SW, que petrográfica y geoquímicamente muestran procedencias características de arcos continentales y de basamento reciclado (e.g., ultramáficas), desarrolladas dentro de sistemas de tipo strike-slip con valores altos de alteración química y de las plagioclasas. Estas variaciones composicionales y en los diversos grados de intemperismo denotan cambios climáticos drásticos (árido a húmedo en condiciones tropicales) durante el Jurásico Inferior al Jurásico Superior relacionados posiblemente con las primeras incursiones del Golfo de México ligadas con la rotación del bloque de Yucatán.

SE07-3

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y PETROLÓGICO DE LAS ARENISCAS CONTINENTALES DE TEZOATLÁN Y TLAXIACO, OAXACA: NUEVOS DATOS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LAS CUENCAS GENERADAS DURANTE LA FRAGMENTACIÓN DE PANGAEA

Zepeda-Martínez Mildred¹ y Martini Michelangelo²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
mildredzm@gmail.com

Durante el Jurásico Inferior-Medio una reconfiguración de las placas tectónicas determinó la fragmentación del paleocontinente Pangea. A pesar de que este evento tectónico involucra al último supercontinente, en la actualidad no se ha entendido con detalle la cinemática y dinámica de este evento tectónico mayor. La evolución estructural que determinó la atenuación litosférica de Pangea ha sido reconstruida en México sólo a escala regional bajo consideraciones geométricas y datos indirectos, debido a la dificultad en el reconocimiento en superficie de las estructuras involucradas. Considerando que los ambientes de depósito y la composición de las rocas sedimentarias son muy sensibles a los procesos tectónicos, el análisis detallado de litofacies y petrofacies de las sucesiones jurásicas expuestas en sur de México puede aportar información fundamental para la reconstrucción de la evolución estructural de la fragmentación de Pangea. En las localidades de Tezoatlán y Tlaxiaco, estado de Oaxaca, se encuentra expuesto una parte del registro estratigráfico asociado con la atenuación litosférica de Pangea. Los nuevos datos obtenidos en el marco del proyecto PAPIIT IN104018 indican que, en ambas zonas, las sucesiones expuestas corresponden con el depósito de abanicos aluviales retrogradantes, posteriormente sepultados por debajo de depósitos asociados a un sistema fluvial de tipo wandering y su llanura de inundación. Este cambio en el ambiente de depósito coincide con un cambio importante en la procedencia de las rocas clásticas, el cual es puesto en evidencia por la variación en la composición, así como en las poblaciones de circones detríticos. La similitud que existe entre los datos sedimentológicos, petrográficos y geocronológicos procedentes de las áreas de Tezoatlán y Tlaxiaco establece que además de una correlación estratigráfica, existió una conexión física durante el Jurásico Inferior y Medio. Sin embargo, el cambio composicional que presenta dicho registro estratigráfico es el resultado del levantamiento de dos bloques continentales de diferente composición, los cuales fueron exhumados a lo largo de dos fallas distintas que se activaron en tiempos diferentes durante el proceso de la fragmentación de Pangea.

SE07-4 PLÁTICA INVITADA

SOBRE EL AMBIENTE GEOTECTÓNICO DE LAS SUCESIONES VOLCÁNICAS DEL JURÁSICO INFERIOR Y SU INFLUENCIA EN LA APERTURA DEL GOLFO DE MÉXICO

Barboza Gudiño José Rafael, Zavala Monsiváis Aurora y Castellanos Rodríguez Valentina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
rbarboza@uaslp.mx

Sucesiones volcánicas que afloran en el Centro-norte y noreste de México, descansan sobre secuencias turbidíticas del Triásico Superior y son cubiertas por capas rojas, evaporitas y calizas del Grupo Zuloaga, del Calloviano-Oxfordiano. Las sucesiones volcánicas, consisten de derrames de lavas intermedias a félsicas y tobas o flujos de ceniza con intercalaciones de materiales epiclásticos, que en su conjunto se conocen como Formación Nazas, comparable en edad con capas rojas de la Formación La Boca, que también incluye algunos horizontes volcanogénicos y está expuesta en Tamaulipas. Estudios geocronológicos, petrográficos y geoquímicos llevados a cabo en rocas procedentes de doce localidades en los estados de Durango, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas, permiten documentar un carácter de magmatismo de subducción, una edad entre 193 y 167 Ma y un origen de los magmas posiblemente en un manto enriquecido con influencia de fluidos de una subducción y período de residencia en una corteza continental antigua, posiblemente proterozoica. Lo anterior confirma la coexistencia durante el Jurásico, de un margen activo en el oeste de México y la extensión contemporánea en el Golfo, en una posición tras-arco, alejándonos del modelo de un clásico rift continental para esta cuenca en su origen. Su geometría atípica en relación con la posible paleo-trinchera y el antiguo margen continental, así como el movimiento rotacional de forma anti-horaria del bloque de Yucatán documentado por diversos autores, nos hablan de condiciones especiales de la constitución de la corteza y de la conformación paleogeográfica durante esta evolución, que propiciaron una conformación distinta a la del modelo clásico de un arco y extensión tras-arco pero que en ningún momento contravienen al uniformitarismo que rige los procesos tectónicos asociados.

SE07-5

EL ARCO NEOCOMIANO DEL SUR DE MÉXICO, UNA TRANSICIÓN DE SUBDUCCIÓN SUB-HORIZONTAL A EXTENSIÓN TRAS-ARCO

Sierra-Rojas María Isabel¹, Molina-Garza Roberto Stanley² y Coombs Henry³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Nacional Autónoma de México³Cardiff University

misiera@geociencias.unam.mx

Los sistemas depositacionales del Cretácico Temprano del suroeste de Norteamérica fueron controlados por procesos tectónicos asociados a la formación de arcos continentales y la acreción de arcos de islas. Evidencia de magmatismo calco-alcalino es observado desde la Sierra de Zongolica (Fm. Xonamanca y Complejo Teotitlán) hasta la Plataforma Guerrero-Morelos (Fms. Chapolapa y Zicapa) entre ca. 140 y 127 Ma, respectivamente. El eje del arco continental se localiza en la Sierra de Zongolica a los 140-138 Ma, y es explicado como producto de una subducción sub-horizontal del slab de Arperos/Mezcalera bajo la placa Norte América. El magmatismo migra al oeste ubicándose hacia los 133 Ma en la región de la Plataforma Guerrero-Morelos producto de un retroceso del slab, lo cual favoreció la apertura de cuencas extensionales contemporáneas al magmatismo en la región de la Mixteca, como son las cuencas de Zicapa, Tentzo, Zapotitlán y Chivillas. Análisis de proveniencia indican fuentes afines con el Complejo Oaxaqueño hacia el oriente en la cuenca de Chivillas, y fuentes asociadas al complejo Acatlán en las cuencas de Zapotitlán, Tentzo y Zicapa. Aunque el aporte de sedimentos provenientes del arco magmático Cretácico está presente en todas las cuencas, su presencia es mayor en la cuenca de Zicapa, en donde la sedimentación clástica es contemporánea con el magmatismo de arco. En la cuenca de Chivillas la extensión favorece la fusión por decompresión de material astenosférico, lo cual genera que productos volcánicos en el tras-arco sean intercalados con los depósitos marinos profundos de la Formación Chivillas ca. 126 Ma. Magmatismo de características similares ocurre en El Cascalote (Puebla). Finalmente, hacia el Albano el magmatismo cesa en la plataforma Guerrero-Morelos y las cuencas sedimentarias registran sedimentación típica de margen pasiva hacia el este con el desarrollo de extensas plataformas de carbonatos hasta el Cenomaniano. El eje del arco continental Albano-Cenomaniano se encuentra en el oeste, en Puerto Vallarta y posiblemente el bloque Chortis.

SE07-6

GEOLÓGIA Y GEOCRONOLOGÍA DE LOS ARCOS CONTINENTALES JURÁSICOS Y LARAMIDE EN LA REGIÓN DE MAGDALENA-SANTA ANA, NORTE DE SONORA, MÉXICO

González-León Carlos M.¹, Vázquez Salazar Michelle², Sánchez Navarro Teresita³, Zapata Martínez Ángel³ y Solari Luigi Augusto⁴¹ERNO, Instituto de Geología, UNAM²Ingeniería en Geociencias, Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo, México³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM⁴Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, Querétaro, México
cmgleon@unam.mx

La placa inferior del complejo de núcleo metamórfico Madera-Magdalena (CNMMM) en el norte de Sonora incluye las sierras Magdalena y La Jojoba en su parte norte y las sierras Las Jarillas-Potrero y Álamo Viejo en su parte occidental. Las rocas de esta región registran parte de la historia de los arcos Jurásico y Laramide de Sonora, aunque un xenolito granítico de 1070.3±6.8 Ma (U-Pb) en un granito Eoceno es el único testigo del basamento Proterozoico en la región norte-central del estado. Las rocas jurásicas forman una sucesión desorganizada que tiene una edad que va de 172 a 153 Ma y consisten de las siguientes unidades (edades 206Pb/238U): 1) La cuarzarenita La Jojoba y la 2) arenisca Tescalama que dieron edades unimodales máximas en circones detríticos de 172 y 170 Ma, respectivamente, 3) la riolita El Jotaiqui que es una sucesión de ~800 m de espesor de riolitas, tobas y estratos fluviales la cual dio una edad de 171.1±0.77 Ma, 4) el granito El Rincón que corta a las unidades anteriores dio una edad de 171.4±1.1 Ma. 5) La unidad Los Pozos que consiste de una intercalación de ~600 m de tobas, riolitas y en menor proporción areniscas y limolitas dio una edad de 170.2±0.64 Ma. 6) La unidad Rancho El Álamo que está formada por una sucesión de conglomerados, areniscas y limolitas de origen fluvial y derrames riolíticos intercalados dio una edad de 164 Ma en circones detríticos de dos muestras colectadas en sierras diferentes. 7) El domo riolítico Cañada Honda que corta la unidad Los Pozos dio una edad de 158.2±4 Ma, mientras que el 8) granito leucocrático La Cebolla, de dos micras y con granate, dio una edad de 155.1±3.4 Ma. Las formaciones Morita, Mural y Cintura del Grupo Bisbee están también presentes en ésta área y sus edades máximas en circones detríticos son de entre 115 y 118 Ma; del mismo modo se tiene a la Formación Cocóspera del Cretácico Superior. Las unidades jurásicas y cretácicas presentan una deformación regional de pliegues, cabalgaduras y metamorfismo de bajo grado que se asigna a la deformación Laramide. El magmatismo del arco Laramide está representado por varias intrusiones de granitos leucocráticos de dos micras y con granate que varían en edad de 59 a 38 Ma. Estos presentan deformación milonítica, diques y pegmatitas con plegamiento de vergencia hacia el SW la cual se asigna a la exhumación del CNMMM (25-22 Ma). Los granitos laramídicos se diferencian geoquímicamente de

los granitos jurásicos calcoalcalinos ya que tienden a ser alcalinos, empobrecidos en tierras raras ligeras y clasifican como granitos anatócticos de arco maduro (Batchelor y Bowden, 1985). Contribución del proyecto CONACYT 253545.

SE07-7

LATEST CRETACEOUS-EARLY CENOZOIC LARAMIDE OROGENY IN NORTHERN SONORA

Jacques-Ayala César¹, García y Barragán Juan Carlos¹ y Peña-Vázquez Luis²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Estatal de Sonora

czarjacques@gmail.com

New age data of some Mesozoic stratigraphic units from the surroundings of Caborca, northwest Sonora, document the presence of the latest Cretaceous-early Cenozoic Laramide orogeny. In five localities Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic rocks are thrust upon the Lower and Upper Cretaceous units. In the Cerro Rajón and Cerro Chino, south of Caborca, the Cambrian is covered in angular unconformity by the Upper Cretaceous. The basal contact is a quartzite pebble to boulder conglomerate which is observed in the region as the basal lithology of the Late Cretaceous Pozo Duro Formation. This assembly is thrust upon red mudstones typical of the Bisbee Group, even though U/Pb ages (**180 Ma, younger peak in U/Pb age in zircons) appear to be too old for the Bisbee (Late Jurassic-Early Cretaceous). Additionally, Keller (1928) reported Cretaceous limestone with rudists southwest lower reaches of the Cerro Rajón near the Bámori Ranch. This locality is surrounded by Proterozoic-Paleozoic rocks. North of this mountain is the Cerro Pando (formerly Sierra La Víbora), formed by a Paleozoic sequence which was thrust, on its northeastern limb, upon a folded clastic sequence of Late Cretaceous age (**108 Ma). In the southern part it was thrust upon a Jurassic sandstone (**198 Ma) with Paleozoic clasts probably derived from the upper block. East of these two localities, and north of Trincheras, is the Cerro Arituaba, a small hill made of Paleozoic units which were thrust upon the strongly folded Upper Cretaceous (**81.9 Ma). Farther east, south of railway station Ruiz Díaz, the Cambrian was thrust upon a sandstone with andesite conglomerates very similar to the Anita Formation (Late Cretaceous El Chanate Group). Likewise, in the Sierra La Gloria, the Triassic-Jurassic was thrust upon a volcanoclastic sandstone with andesitic intercalations correlative to the Anita Formation. In the region, the structural geology is quite complex as there are lithological metamorphic units with similar U/Pb ages (**160 Ma) as the non-metamorphic Bisbee Group from the road from Santa Ana to El Claro. The tectonic evolution of northern Sonora during the Jurassic-Cretaceous has been explained by the presence of the Late Jurassic Mojave-Sonora Megashield. The data here exposed documents the emplacement by thrusting of the Proterozoic-Paleozoic-Triassic-Jurassic upon the Cretaceous. The presence of Cretaceous units within the proposed left-lateral displaced block disproves the existence of the Mojave-Sonora Megashield.

SE07-8

EL DOMO DE MERCURIO (CHIHUAHUA), SU EDAD Y POSIBLE RELACIÓN CON UN PULSO TARDÍO DE ACORTAMIENTO TECTÓNICO EN EL BORDE OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA DE COAHUILA

Aranda Gómez José Jorge¹, Juárez Arriaga Edgar², Chávez Cabello Gabriel³, Ramírez Peña César Francisco³, Treviño-Rodríguez Froylán³ y González Cervantes Norma⁴¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias²Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO, UNAM³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO, UNAM y Universidad Autónoma de Aguascalientes
jjag@geociencias.unam.mx

Uno eventos geológico importante en México durante el Cenozoico fue el cambio de acortamiento de la Orogenia Hidalgoana a volcanismo y extensión cortical relacionados con la Sierra Madre Occidental y Cuencas y Sierras, respectivamente. En varios sitios esto fue registrado en la estratigrafía por capas rojas, areniscas y conglomerados, como la Formación Ahuichila o los conglomerados de Guanajuato, Pinos y Zacatecas. Las capas rojas continentales siempre descansan discordantemente sobre sedimentos marinos intensamente deformados por pliegues y fallas inversas, pero ellas solo están basculadas o suavemente plegadas. La edad de las capas rojas varía entre ~50 – 30 Ma y ha sido obtenida de volcanitas intercaladas con sedimentos predominantemente siliciclásticos. El Domo de Mercurio se ubica en el borde occidental de la Plataforma de Coahuila. Sobre el terreno es un rasgo topográfico sutil pero en imágenes de satélite es claramente visible como una geoforma circular con un diámetro de ~16 km de diámetro. La roca más antigua en el complejo dómico es la caliza de la Formación Aurora, expuesta adentro del domo en un anticlinal abierto. En el halo externo de deformación del domo está expuesta una sucesión de areniscas (calclititas y arenitas volcánicas) que hacia su cima está intercalada con ignimbritas félsicas y un conglomerado andesítico. Esta sucesión siliciclástica es interpretada como equivalente en edad y ambiente de depósito a la Formación Ahuichila. Las porciones noroccidental y meridional del domo están parcialmente sepultadas por una sucesión bimodal (riolita-andesita) de rocas volcánicas del Paleógeno, que también está presente adentro del domo. En la porción sureste, adentro del domo, está expuesto

un cuello volcánico alargado en dirección NNW. Otros cerros con la morfología característica de cuellos volcánicos están expuestos en las zonas aledañas al noroeste y sur del complejo, aparentemente fuera del halo de deformación. Los cuellos y/o diques señalan que en el área hubo centros de emisión volcánica posiblemente asociados a una o más cámaras magmáticas en el subsuelo. La aureola de deformación del domo es compleja: en la parte sudoriental hay varios pliegues buzantes, en la parte suroccidental hay un anticlinal doblemente buzante, con su eje curvo, siguiendo la trama estructural de domo. En las rocas volcánicas del complejo no es del todo claro si todas ellas fueron deformadas, pero notamos que las volcanitas estratificadas al sur del complejo se inclinan hacia afuera del domo y que al NW del complejo hay un sinclinal que buza hacia afuera de la estructura. Los ejes de los otros pliegues buzaban hacia afuera del domo o son paralelos a la trama circular de éste. Interpretamos las estructuras en la aureola como evidencia de que Ahuichila estaba suavemente plegada y que esas estructuras fueron modificadas por el emplazamiento de un lacolito. La edad máxima de depósito de Ahuichila, determinada en circones detríticos es de ~50 Ma, y la de emplazamiento del cuello volcánico, también U-Pb, es de 29.4 ± 0.24 . El acortamiento tectónico tardío es posterior a 50 Ma y emplazamiento del lacolito puede ser ~30 Ma. PAPIIT IN10046.

SE07-9

DEFORMACIÓN Y EXHUMACIÓN EN LA SIERRA DE CATORCE, SLP, MÉXICO

Gutiérrez Navarro Rodrigo¹, Fitz-Díaz Elisa², Ruiz Arriaga Daniel³ y Barboza Gudiño José Rafael⁴

¹Posgrado Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto Geología, UNAM

³PCT UNAM

⁴Instituto de Geología, UASLP
rodrigo.gutierrezn@gmail.com

La Sierra de Catorce se encuentra al oeste del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano, dentro de la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Su estratigrafía está conformada por sucesiones clásticas del Triásico Tardío que corresponden con el depósito del Abanico Potosí; una sucesión vulcano-sedimentaria Jurásica Inferior-Medio relacionada con la provincia magmática Nazas, rocas carbonatadas marinas del Jurásico Medio al Cretácico Tardío, así como rocas ígneas del Eoceno-Mioceno que mineralizan esta sucesión. A pesar de que la estratigrafía de la Sierra de Catorce está descrita de manera detallada, se considera que hace falta definir la geometría, orientación y cinemática de las estructuras tectónicas, así como su sobreposición, edad relativa y absoluta. Con el fin de determinar la temporalidad e importancia de estas estructuras en el centro de México se realizó un análisis estructural, datación de illita con Ar-Ar en pliegues y en la zona de despegue, obtención de edades (U-Th)/He en circones detríticos. Los datos obtenidos en este trabajo describen la estructura de la Sierra de Catorce como un apilamiento antiformal formado por diversos episodios de deformación por acortamiento, el último de los cuales coincide con un evento de abrupta exhumación alrededor de los 50 Ma. Estos datos nos indican que la Sierra de Catorce se levantó como consecuencia de acortamiento que inició en el Turoniano con importante deformación interna, y concluyó en el Eoceno, con la activación de fallas, las cuales pueden estar relacionadas con imbricación de bloques o reactivación de fallas de basamento.

SE07-10

LATE CRETACEOUS-PALEOCENE EXHUMATION AND DENUDATION OF THE CENTRAL MEXICAN FOLD-THRUST BELT FROM DETRITAL ZIRCON DOUBLE DATING: PRELIMINARY INTERPRETATIONS

Juárez Arriaga Edgar¹, Lawton Timothy², Solari Luigi Augusto³,
Fitz-Díaz Elisa⁴, Ruiz-Arriaga Daniel⁵, Stockli Daniel⁶ y Martens Uwe⁷

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO, UNAM

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Geo- and Thermochronometry Laboratory, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin
ejarriaga@geociencias.unam.mx

Combined U-Pb and (U-Th)/He ages on three samples of Cretaceous foreland-basin sandstone from a transect of the Mexican fold-thrust belt in Querétaro and SLP reveal correspondence between episodes of thrust-belt exhumation with subduction-related deformational and magmatic episodes, which have good correlation with synorogenic sedimentation in the Tampico-Misantla basin. U-Pb detrital zircon ages and sandstone petrography of the Mineral de Pozos sandstone, Soyatal, San Felipe and Chicontepec formations indicate sediment sources in the Cordilleran magmatic arc of western Mexico, accreted Guerrero terrane, Mesozoic sedimentary rocks, and subordinate source in basement of the southwestern US. The Mineral de Pozos sandstone, the westernmost deposits of the foreland basin, contains metamorphic-lithic and volcanic-lithic fragments likely derived from the Guerrero terrane. Volcanic-lithic and sedimentary-lithic fragments derived from Lower Cretaceous carbonate platforms dominate the Soyatal Formation, which lies east of the Mineral de Pozos sample. The San Felipe Formation, located in the central part of the fold-thrust belt, consists of tuffaceous sandstone dominated by carbonate-lithic and volcanic-lithic fragments. The Chicontepec Formation of the Tampico-Misantla basin contains dominant carbonate-lithic fragments derived from carbonate strata of the adjacent fold-thrust belt and subordinate felsitic volcanic-lithic fragments and fresh plagioclase. Multidimensional scaling analysis suggests a close

similarity of U-Pb age components of the sample set. (U-Th)/He cooling ages of the analyzed samples fall into three general clusters: (1) ~136-120 Ma; (2) ~99-80 Ma; and (3) ~66-56 Ma. These cooling ages tend to be younger toward the interior, western part of the fold-thrust belt transect. Dominant Early Cretaceous cooling ages of group 1 in the San Felipe Formation indicate lack of, or partial, resetting of the He system. Group 2 Late Cretaceous cooling ages are dominant in the Soyatal Formation and overlap its maximum depositional age of 88 ± 1 Ma, suggesting either derivation of grains from adjacent rapidly exhumed thrust sheets, partial resetting of Soyatal grains by rapid post-depositional tectonic burial, or both. Cooling ages of group 3 dominate the interior Mineral de Pozos sample, indicating Paleocene exhumation and erosion of interior thrust sheets. The Paleocene exhumation event is equivalent to stratal ages of the lower part of the Chicontepec, but sandstone composition of that unit indicates a dominant sediment source in fold-thrust belt carbonate strata and a subordinate volcanic source. Combined cooling ages, sandstone petrography and statistical analysis thus indicate coeval exhumation of the entire width of the orogen to the eastern edge of the Valles-San Luis Potosí platform, rather than local exhumation by out-of-sequence thrust-sheet uplift. Orogen-wide exhumation is corroborated by an early Paleocene (64 ± 2 Ma) illite 40Ar/39Ar age for thrust deformation at the eastern flank of the Valles-San Luis Potosí carbonate platform (Fitz-Díaz et al., 2014), which formed the latest Cretaceous-Paleocene boundary between the fold-thrust belt and foreland basin in which the Chicontepec Formation was deposited.

SE07-11

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN CHICONTEPEC EN EL NORTE DE LA CUENCA TAMPICO-MISANTLA, MÉXICO: LA SIERRA MADRE ORIENTAL COMO UNA FUENTE DE SEDIMENTOS

González Díaz María Guadalupe¹, Lawton Timothy², Juárez Arriaga

Edgar³, Stockli Daniel⁴, Fitz-Díaz Elisa⁵ y Solari Luigi Augusto⁶

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México

²Geo- and Thermochronometry Laboratory, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

³Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

mg.gonzalezd@hotmail.com

Se han combinado datos de petrografía en areniscas, geocronología U-Pb en circones detríticos, bioestratigrafía de nanofósiles y direcciones de paleocorrientes para determinar fuentes potenciales de sedimento de la Formación Chicontepec en la cuenca antepaís Tampico-Misantla. La cuenca está en la margen noreste-centro de la región costera del Golfo de México, limitada al oeste por la Sierra Madre Oriental (SMO). Los estratos de la Formación Chicontepec exponen una tendencia NW-SE. Descripciones de secciones estratigráficas permitieron definir asociaciones de facies; además, la medición de marcas de flauta indica una dirección de paleotransporte al SE. En las secciones medidas en Axtla de Terrazas y Chalchocoy (este de S.L.P.) dominan complejos de lóbulos terminales, mientras que hacia Tecacahuaco (Hidalgo) la sucesión se interpreta como complejo de canales. Las rocas de un núcleo extraído cerca de Acatépec (Hidalgo) se han identificado como depósitos de relleno de canales (incluye conglomerados basales y debritas). Los nanofósiles contenidos en lutitas de la sección Axtla indican una edad de Paleoceno temprano (Daniano), consistente con la edad máxima de depósito, MDA (63.4 ± 0.4 Ma) basada en circones detríticos. En Acatépec los nanofósiles señalan una edad de Paleoceno tardío (Thanetiano) y circones detríticos apuntan una MDA de 56.2 ± 0.3 Ma. La MDA más joven de la Formación Chicontepec en la Cuenca Tampico-Misantla es 55.5 ± 0.6 Ma (Eoceno temprano, Ypresiano) en Río Calabozo (Hidalgo). El análisis petrográfico permite reconocer areniscas híbridas con una dominancia de granos líticos sedimentarios carbonatados extracuenca y los diagramas ternarios indican una fuente de orógeno reciclado para los componentes de las areniscas. Los nanofósiles retrabajados 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. Se identificaron poblaciones de circones detríticos con afinidad Grenville (1020 Ma) y ensambles Perigondwanicos (490 - 260 Ma) relacionados con vestigios de basamento. Los granos de edad Mesozoica predominan en las muestras y principalmente marcan poblaciones en #180, #160, #130, #84, #64 y 55 Ma, las cuales indican fuentes correlacionables con los arcos cordilleranos registrados en los estratos de la SMO. Los circones detríticos con las edades de 55 Ma podrían relacionarse con los líticos volcánicos derivados de un arco volcánico contemporáneo al depósito de esta unidad, ubicado en la Sierra de Guanajuato, Zacatecas y Durango al occidente de México. En conclusión, la petrografía, bioestratigrafía y geocronología indican que las fuentes principales del sedimento estuvieron en el cinturón de pliegues y cabalgaduras de la SMO, directamente al oeste de la cuenca. Las facies fueron depositadas en un sistema de abanicos submarinos dentro de la cuenca, en aguas marinas profundas como lo reflejan las sucesiones turbidíticas. Considerando la litología, direcciones de transporte de sedimentos y los datos de procedencia se propone un modelo sedimentológico de transporte al sureste, durante el desarrollo de un sinclinal de acortamiento que afectó el estilo de sedimentación en la Formación Chicontepec durante la fase final del levantamiento de la SMO (Paleógeno).

SE07-12

COMPARACIÓN DE EDADES DE DEFORMACIÓN Y NUEVAS EDADES DE U-TH/HE EN CINCO ALTOS TECTÓNICOS DEL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO

Fitz-Díaz Elisa¹, Ruiz-Arriaga Daniel², Ramírez Peña César Francisco³, Gutiérrez Navarro Rodrigo⁴, Aguilar Ramírez César⁴, Juárez Arriaga Edgar⁴ y Stockli Daniel⁵

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, IGL, UNAM

²UT-Austin

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁵University of Texas at Austin

fitzde@gmail.com

El Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM), es la expresión sureña del Sistema Orogénico Cordillerano de Norteamérica, sus estructuras se alojan en una franja orientada NW-SE que cruza a todo el país. Una revisión reciente de los estilos estructurales y edades de deformación muestran que: 1) el CPCM es predominantemente de piel delgada en el centro y sur de México; 2) la deformación de piel gruesa por inversión de cuencas domina en el norte de México; 3) la deformación ocurre en tres episodios principales, uno Turoniano-Santoniano que formó las estructuras más occidentales del CPCM, el segundo en el Campaniano-Maestrichtiano que formó las estructuras de la mesa central y el tercero, eocénico que dio lugar a las estructuras más orientales, incluidas las de la Cuenca de Sabinas y el Cinturón Plegado de Chiapas. Edades ZHe y AHe en unidades del Cretácico Temprano al Paleozoico, expuestas en cinco localidades con levantamientos importantes en el CPCM como lo son: 1) Valle de San Marcos, Coahuila; 2) bloque de San Julián, Zacatecas; 3) Sierra de Catorce, San Luis Potosí; 4) Tolimán, Querétaro; y 5) Papalutla, Guerrero, indican que la exhumación somera de estas rocas es mucho más joven que la edad de plegamiento en las localidades más septentrionales (Oligoceno temprano), ligeramente más joven en el centro de México (Paleoceno), y de edad similar en Sierra de Catorce (Eoceno tardío), Tolimán y Papalutla (Santoniano-Campaniano). El modelado de estas edades con el programa Hefty muestra que la tasa de exhumación es, en general, más rápida cuando las edades de enfriamiento son más cercanas con edades de deformación. El análisis conjunto de la edad de deformación, edades de enfriamiento ZHe y AHe, tasas de exhumación y la historia geológica de las diferentes localidades, sugiere que en las regiones donde el CPCM tiene una deformación predominantemente de piel delgada, las rocas se exhuman poco después de experimentar una importante deformación interna, mientras la exhumación de los últimos kilómetros de roca es más tardía en zonas donde domina la deformación de piel gruesa. De forma que en el centro y sur de México la exhumación de las rocas fue fuertemente controlada por la deformación por acortamiento, mientras que en el norte fue más tardía y parece asociarse con extensión posterior a la orogenia del Cretácico Tardío-Paleógeno. Sin embargo, es también probable que la erosión hídrica acelerara la exhumación de las rocas en el centro y sur del país, mientras que las secas condiciones del norte la retrasaran.

SE07-13 PLÁTICA INVITADA

THERE AND BACK AGAIN: FROM PIGGYBACK BASINS TO WEDGE-TOP DEPOZONES, WITH A PINCH OF SALT

Lawton Timothy

UNAM

tlawton@geociencias.unam.mx

Sedimentary rocks provide critical evidence for tectonic processes and lithospheric architecture, particularly in the characteristics of their host sedimentary basins. Of special interest are progressive unconformities, or growth strata, deposited adjacent to growing structures. Growth-stratal exposures are best preserved where limited exhumation and erosion preserve stratal cross-sections, but do not remove the deposits. In fold and thrust belts, growth strata are commonly proximal facies, generally alluvial-fan deposits. The original description of progressive unconformities in Miocene strata of the Spanish Pyrenees by Oriol Riba (1977) revolutionized analysis of proximal basin deposits, leading to the description of growth strata in many different thrust orogens. Rising frontal structures in thrust belts cause development of stacked wedges of locally-derived strata separated by angular unconformities; hence the term, "progressive unconformities." Early studies of such deposits in central Utah, USA, led to recognition of one of the first "piggyback basins," as defined by Ori and Friend (1984), in the Cordilleran fold and thrust belt (Lawton and Trexler, 1999). Complex faulting on the foreland flank of the Axhandle piggyback basin had been attributed to diapiric Jurassic evaporite, rather than thrust shortening, but in 2004, petroleum exploration southward along structural trend delineated a system of thrust faults in sub-salt eolian Jurassic strata, confirming a thrust origin for the faulting. Frontal parts of the Mexican fold-thrust belt (Fitz-Díaz et al., 2017) likewise expose growth strata related to Late Cretaceous-Paleogene crustal shortening in Mexico. An example includes structural control of sediment dispersal in the Chicontepec Formation of the Tampico-Misantla basin near Tamazuchale, SLP (González Díaz et al., this meeting). Growth strata are also present in La Popa basin, north of Monterrey, NL, where wedges of strata separated by angular unconformities record rise of adjacent diapiric salt bodies. Termed "halokinetic sequences," (Giles and Lawton, 2002), La Popa growth strata were deposited in shallow-marine and

continental settings and contain fragments of limestone and basalt derived from the diapir itself. These growth strata developed during subsidence due to salt withdrawal beneath adjacent minibasins and did not require crustal shortening. Finally, evidence for at least one piggyback basin, now termed a "wedge-top depozone," (DeCelles and Giles, 1996), is present near Cardenas in SLP. The Cardenas Formation, formerly interpreted as a Maastrichtian carbonate platform, consists of intercalated siliciclastic and carbonate debris-flow deposits and at least one mass-transport complex composed of shallow-water fossils and carbonate debris, all intercalated with deep-water, Méndez-type shale. Detrital zircon data collected by Edgar Juárez indicate sediment sources mainly from recycling of previously deposited foreland basin strata. Rather than forming a discrete carbonate platform, the shallow-water sediment was derived from reefs formed on a local fold and shed into an adjacent syncline and possibly into the foredeep itself. Overlying paludal and floodplain deposits of the Tabaco Formation represent uplift and shallowing of the wedgetop basin by continued shortening. Future geologic investigation will surely discover more Mexican growth strata.

SE07-14 PLÁTICA INVITADA

APORTACIONES DE TIM LAWTON A LA GEOLOGÍA DEL NORESTE DE MÉXICO

Vega Francisco J.

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

vegver@unam.mx

El Grupo Difunta (cuencas de Parras y La Popa), potente secuencia que abarca del Campaniano al Paleoceno en el noreste de México, ha sido estudiado por geólogos estadounidenses y mexicanos desde fines del siglo XIX, Böse a inicios del XX, Burckhardt, Humphrey e Imray en los 30's, con aportaciones de Murray en los 50's y 60's. El equipo liderado por Earle F McBride en los 70's, aportó las bases para la comprensión de la estructura, estratigrafía, paleontología y tectónica del Grupo Difunta. En la Cuenca de La Popa, PEMEX realizó en 1969 algunos reportes internos, sugiriendo una edad eocénica para una de las lentes del diapiro El Papalote. En los 80's, el trabajo paleontológico se centró en los hallazgos de restos de dinosaurios en la Cuenca de Parras, cuya estratigrafía fue afinada por el grupo de David Eberth, René Hernández y James Kirkland. La importancia geológica de la Cuenca de La Popa fue retomada por el equipo liderado por Tim Lawton, a finales de los 90's. El resultado del arduo trabajo por parte de éstos geólogos, enfatizó la importancia de la geología estructural de ésta cuenca, revelando inicialmente la existencia de una soldadura exhumada, que junto con los diapiros que caracterizan la zona, controlaron la sedimentación y estructura desde el Jurásico Tardío al Paleoceno. En 1984, Laudon realiza el primer reporte sobre diapiros. El desarrollo del concepto de tectónica salina, claramente ejemplificada por la estratigrafía, sedimentología y paleoambientes interpretados por el grupo de Lawton en la Cuenca de La Popa, dio lugar a un consorcio conformado por varias compañías petroleras, quienes apoyaron al grupo de Lawton y realizaron varias visitas, contando con una detallada guía de campo y mapas, generados por el trabajo de Lawton y colegas, a fin de observar en superficie, lo que no pueden directamente en el fondo marino. PEMEX se interesó en el área, y junto con algunas escuelas de geología, se incorporaron a la investigación del área, la cual sirve actualmente como un campo ideal de prácticas para estudiantes de geología petrolera y estructural. El autor de este resumen tuvo la fortuna de contar con la invitación y apoyo de Lawton, para aportar algunos datos sobre bioestratigrafía. Interesado en la problemática del límite K/Pg, pude participar en la investigación sobre los depósitos portadores de eyecta en la Cuenca de La Popa, descubiertos por el equipo de Lawton, aportando información para entender el retrabajo de dichos eyecta hacia cuencas profundas. Gracias a la comprensión de la compleja estructura de la cuenca de La Popa y parte de la de Parras, derivada del trabajo de Lawton, es ahora posible inferir paleoambientes peculiares de preservación de algunos fósiles de invertebrados del Maastrichtiano y Paleoceno, que serán explicados en la presentación de este resumen. Por las brillante trayectoria, aportaciones y razonamiento científico de Tim, debo decir de mi parte y de la de muchos mexicanos en los que dejaste tu marca de profesionalismo, generosidad, entrega, amistad y pasión por la geología, thank you so much, dear Tim.

SE07-15

FOSSIL OTTERS, CHANGING DRAINAGE PATTERNS, ENDORHEIC BASINS FORMATION, AND LATE CENOZOIC TECTONIC EVOLUTION OF NORTHERN AND CENTRAL MEXICO

Aranda Gómez José Jorge¹, Carranza y Castañeda Oscar¹,

Wang Xiaoming², Tseng Z. Jack³ y Pacheco-Castro Adolfo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

²Department of Vertebrate Paleontology, Natural History Museum of Los Angeles County

³Department of Pathology and Anatomical Sciences, Jacobs

School of Medicine and Biomedical Sciences, University at Buffalo

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO, UNAM

jag@geociencias.unam.mx

A Miocene otter found in fluvial deposits in Juchipila (Zacatecas), ~200 km from the Pacific coast and occurrences of the same age and species in Florida and California, suggest a possible migration route through fluvial systems in Mexico.

To migrate across the continent Miocene otters must have passed the continental divide that separates surface waters that flow into the Atlantic and Pacific versants. Two vast endorheic regions, which together span ~400,000 km², dominate drainage systems in northern and central Mexico. These regions coincide with the Chihuahuan desert and are bounded by the SMOr, SMOcc, and TMVB. These closed basins are an additional obstacle for otter migration. However, drainage systems are constantly varying and adjusting to changing conditions imposed by climate, tectonic activity, volcanism, and/or asymmetries in topography and rainfall distribution. Otter's migration across Mexico could have been facilitated by one or more river captures that inverted the flow direction near the headwaters of a drainage system that debouched either into the Gulf of Mexico or the Pacific coast. Biologists studying fresh water fishes in the USA and in Mexico have documented several living fish species that occur in both the Rio Grande and in the Mezquital rivers, two drainages that are not presently connected, drain towards the Gulf of Mexico and the Gulf of California, respectively, and are separated by the endorheic regions. Furthermore, systematic studies of fresh water fishes in the region has numerous examples of endemism and allopatric speciations that are interpreted as evidence of events of drainage system rearrangements either by stream capture, beheading, river diversion or by fragmentation caused by formation of closed basins by faulting, volcanic activity or isostatic rebound in the footwall block of normal faults. The western boundary of the extensive endorheic regions in Mexico is controlled by a highland produced by the SMOcc v.f., and the eastern divide coincides with mountains of the SMOr. Basin and Range normal faults in the region formed additional closed basins. Another major factor in the formation of Mexico's endorheic regions was the Terminal Miocene Climate Change, which caused runoff reduction and lowered the rivers capacity of erosion. Opening of the Gulf of California changed the overall slope of rivers draining into the Pacific in northwestern Mexico triggering the capture of rivers formerly confined to the closed basins or draining to the Gulf of Mexico. Quaternary normal faults occur a few tens of kilometers from the divides of the endorheic regions, suggesting that in some regions there is an active tectonic component in their formation. The crossing point location for the otters is uncertain as the fossil record is scant and investigation on the evolution of drainage systems through time in Mexico is just beginning. However, we believe that there is a fair chance that the crossing occurred via the Mezquital river capture near Durango city. Isotopic age of the sediments (6 Ma) where the fossil otter was collected imply that the capture must have occurred in the late Miocene. PAPIIT IN100416.

SE07-16

EVOLUCIÓN TECTÓNICO-MAGMÁTICO DE LA PALEO-CUENCA TEOCALTICHE

González Cervantes Norma¹, Aranda Gómez José Jorge²,
Ortega Obregón Carlos² y Carranza y Castañeda Oscar²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM y Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
norma@geociencias.unam.mx

La paleocuenca fluviolacustre de Teocaltiche se encuentra en la región en donde convergen la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central y la Faja Volcánica Trans Mexicana. Estudios estratigráficos realizados en los años ochentas del siglo pasado en Yahualica (parte sudoccidental del área de estudio) y en Juchipila (colindante con la porción occidental del área de estudio) reconocieron deformación frágil sindeposicional en sedimentos acumulados del Mioceno tardío. El estudio geológico de detalle de la paleocuenca Teocaltiche está respaldado por edades geocronológicas U/Pb obtenidas de circones en cenizas volcánicas de grano fino a muy fino, intercaladas con sedimentos fluviolacustres y por edades paleontológicas, así como análisis detallado de columnas sedimentarias y de afloramientos clave. Los resultados indican que la paleocuenca Teocaltiche fue afectada por extensión contemporánea y posterior al depósito de su relleno sedimentario. El registro de la actividad volcánica sinsedimentaria es prolongado y abarca 17 Ma, en el lapso entre los 22-5 Ma antes del presente. Las edades se agrupan: (1) alrededor de 22 Ma, (2) 19-18 Ma, (3) 12 Ma, (4) 10-9 Ma y (5) 7 Ma. Los hiatos entre algunas edades obtenidas son pequeños ya que tres de los grupos se separan por ~1 Ma. Sin embargo, un hiato es de ~5 Ma (17-13 Ma), sugiriendo dos pulsos volcánicos principales: (1) entre 22-18 Ma y (2) entre 12-7 Ma. Los sedimentos del primer pulso fueron afectados por fallas normales sin- y post-sedimentarias, diques clásticos y estructuras convolute, mientras que el segundo es cortado por fallas normales de <7 Ma. Para tratar de inferir los procesos vulcanotectónicos regionales con los que se relacionan los pulsos magmáticos y de deformación documentados en los sedimentos de la Cuenca de Teocaltiche se debe tomar en cuenta que algunos procesos fueron diacrónicos y que algunos (¿o todos?) pudieron ser el reflejo de hechos acaecidos principalmente en provincias geológicas aledañas a la Cuenca de Teocaltiche, que parece estar ubicada en una zona de transición entre ellas. Siguiendo el modelo de evolución de la FVTM propuesto por Ferrari y colaboradores (Tectonophysics 522-523, 2012) las tobas de 18-20 Ma en la Cuenca de Teocaltiche pueden asociarse a la primera etapa de formación de la FVTM, mientras que las Mioceno medio-tardío (9-12 Ma) y las de 7 Ma, así como el fallamiento más joven en el área de estudio, a las etapas dos y tres, respectivamente. Dada la cercanía relativa entre el área de estudio y el límite oriental de la Provincia Extensional del Golfo de California y la orientación de las fallas documentadas, otros posibles candidatos pueden ser la actividad del Protogolfo y/o la apertura del Golfo de California. Existen evidencias aisladas que éstos dos últimos eventos pudieron causar pulsos de deformación y vulcanismo al este de la Sierra Madre Occidental, en el estado de Durango y en la Mesa Central. Papiit IN100416.

SE07-17

RELACIÓN PALEOGEOGRÁFICA ENTRE SECUENCIAS APTIANO-ALBIANO DE LAMPAZOS, SONORA Y BANCO DE LUCERO CHIHUAHUA, MÉXICO

Monreal Rogelio¹, Santiago-Bautista Jorge Alberto², Longoria José F.³ y Flores-Castro Kinardo⁴

¹Universidad de Sonora

²Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

³ILICA

⁴Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
monreal@ciencias.uson.mx

Se presenta una comparación estratigráfica y de ambientes de depósito entre dos secuencias cretácicas del norte de México, una expuesta en la Sierra Las Azules, en el área de Lampazos Sonora y la otra en la Sierra Banco de Lucero, Chihuahua. Las dos secuencias fueron comparadas por medio de correlaciones litoestratigráficas, bioestratigráficas y de estudios de microficies. Las dos secciones están formadas predominantemente por calizas micríticas y calizas arenosas, con algunas intercalaciones de lutitas calcáreas, y también contienen asociaciones faunísticas muy similares. En ambas secciones se observan variaciones ambientales como respuesta a cambios del nivel del mar, por lo que la conexión respecto de la continuidad lateral entre ambas secuencias es todavía un poco incierta, estas variantes se reflejan en las microficies y en menor grado en la diversidad taxonómica de microfósiles planctónicos. De acuerdo al análisis de microficies, los ambientes dominantes en ambas secciones son de mar abierto pelágico, talud y cuenca, solo en la parte alta de la secuencia Banco de Lucero, se reconocieron ambientes de aguas someras que corresponden a la plataforma interior y lagunar. La sección Sierra Las Azules, representa condiciones de depósito en aguas más profundas con respecto a la Sierra Banco de Lucero en Chihuahua. Ambas localidades representan el intervalo Aptiano superior-Albiano inferior, sin embargo, son ligeramente diacrónicas, es decir, que posiblemente la secuencia en Sonora es un poco más antigua que la secuencia de la Sierra Banco de Lucero. De acuerdo con los datos obtenidos, se confirma la afinidad tanto litoestratigráfica como cronoestratigráfica entre las dos secuencias. La secuencia del Aptiano-Albiano expuesta en la Sierra Las Azules es notablemente similar a la sucesión de la cuenca de Chihuahua y representa un elemento paleogeográficos intermedio entre la cuenca Bisbee de aguas someras en Sonora y la facies de agua someras y profundas de la cuenca de Chihuahua en Chihuahua y el proto-Golfo de México. Paleogeográficamente, la secuencia de Lampazos, Sonora está relacionada con la cuenca de Chihuahua y no con la cuenca de Bisbee y no tiene cabida en la distribución de facies y paleogeografía de la cuenca de Bisbee, por lo tanto, se presume que la secuencia de la Sierra Las Azules ha sido movida desde la cuenca de Chihuahua y yuxtapuesta contra las rocas del Grupo Bisbee en Sonora.

SE07-18

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE APATITOS COMO EVIDENCIA DE LA EXHUMACIÓN DEL COMPLEJO OAXAQUEÑO EN ROCAS CLÁSTICAS DE LA FORMACIÓN CHIVILLAS (CRETÁCICO TEMPRANO) EN LA CUENCA CUICATECA

Milián de la Cruz Ricardo Enrique, Solari Luigi Augusto,
Martens Uwe, Abdullin Fanis y Sierra-Rojas María Isabel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
milianric@gmail.com

Durante el Cretácico Temprano se desarrollaron cuencas sedimentarias a lo largo de la parte sur de la Cordillera de Norte América, cuyo registro evidencia procesos tectónicos de la margen paleo-pacífica y la apertura del Golfo de México, como son la construcción de arcos magmáticos y acreción de terrenos, los cuales originaron eventos de deformación y procesos de levantamiento y exhumación de bloques. En el este de Oaxaquia la cuenca cuicateca se llenó con depósitos de la Formación Chivillas constituidos por inter-estratificaciones de turbiditas marinas con rocas volcánicas. Las fuentes de sedimentos de la Formación Chivillas determinados en estudios previos a partir del conteo de puntos en areniscas, clastos en conglomerados y edades de circones detríticos (en general, desde 1570 Ma a 125 Ma) indican que los sedimentos pudieron ser derivados principalmente del Complejo Oaxaqueño, el Macizo de Chiapas y su cubierta sedimentaria, el Cinturón Milonítico de la Sierra de Juárez o las rocas Jurásicas de la Formación Todos Santos. En algunos casos la geoquímica de apatitos proporciona una mejor restricción de las rocas fuente ya que la composición de éste puede ser específica de cierta paragénesis mineral y dado que el apatito es un mineral accesorio común contiene un amplio rango de elementos traza y tierras raras, sustituyendo ambos sitios de cationes y aniones en su estructura, que hace que sea un indicador petrogenético de confianza. La aplicación de técnicas convencionales como petrografía de areniscas y microanálisis como geoquímica de tierras raras y elementos traza en apatito, permitirá elucidar la procedencia de sedimentos de la Formación Chivillas integrando los datos previos de edades de circones detríticos.

SE07-19

RECICLADO DE CROMITITAS EN OFIOLITAS DEL SUROESTE DE NORTEAMÉRICA

Colás Vanessa¹, González#Jiménez José María², Proenza Joaquín A.³, Camprubí Antoni¹, Farré-de-Pablo Júlita⁴, Centeno García Elena¹ y García-Casco Antonio¹

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

²Dpto. Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, España.

³Dpto. Cristalografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, España.

⁴Dpto. Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, España.

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), CSIC-UGR, España.

vcolas86@gmail.com

La presencia de zircones de origen cortical en cuerpos de cromitita alojados en secciones del manto se considera una evidencia tangible del reciclado de material cortical dentro de las zonas de subducción. Los posibles mecanismos que producen el reciclado del material cortical en el manto situado por encima de las zonas de supra-subducción son: i) la corteza oceánica y los sedimentos son arrastrados por la placa subducida, ii) erosión por subducción en las zonas de ante-arco, o iii) relaminación de la corteza inferior más densa y situada bajo un arco continental. En este trabajo presentamos un estudio integral de los zircones presentes en las cromititas ricas en Cr (Cr# = 0.61–0.69), alojadas en las peridotitas mantélicas de la ofiolita Puerto Nuevo (Baja California Sur) (250–221 Ma) y que corresponde a un tras-arco oceánico en una zona de supra-subducción. Los zircones alojados en estas cromititas ofiolíticas tienen edades entre 278 ± 4 Ma y 2263 ± 44 Ma y muestran una amplia variación en los valores de #Hf(t) (entre -18.7 y +6) y #18O (entre 5.9 y 12.4 ‰), los cuales coinciden con los de zircones presentes en el Complejo Arteaga (i.e., Abanico Potosino). Por tanto, interpretamos que los zircones presentes en las cromititas son xenocristales derivados de los sedimentos procedentes de la corteza continental, los cuales entraron al manto por subducción y ascendieron a la cuña del manto a través de plumas frías parcialmente fundidas. En este escenario, tiene lugar la asimilación de material parcialmente fundido y la mezcla de magmas. Las reacciones que consumen ortopiroxeno en la harzburgita generan fundidos boniniticos ricos en Cr, de forma que precipita cromita durante la asimilación parcial del material derivado de la pluma fría, más rico en sílice. Estas cromititas muestran patrones de elementos menores y traza similares a cromititas cristalizadas a partir de fundidos de tipo IAT y boninitas de la cuña de manto. Además, la mezcla del fundido boninitico rico en Cr con el fundido más rico en Si, desarrollado en la pluma fría, desencadena una mayor cristalización de cromita en el manto superior. Por otro lado, la presencia de lamelas de clinopiroxeno con orientación cristalográfica preferente en las cromititas de Puerto Nuevo, indica que las cromititas experimentaron condiciones de alta temperatura y ultra-alta presión (<12 GPa y ~1600 °C). Por tanto, proponemos que las cromititas de Puerto Nuevo se formaron un escenario tectónico que involucra: i) la formación de cromita a profundidades bajas del manto, en la zona de supra-subducción subyacente al arco intraoceánico de Vizcaino en el Triásico Inferior (250 Ma), ii) posterior reciclado en el manto profundo, y iii) subsecuentemente, exhumación diápirica en una cuenca intraoceánica (el mar marginal de San Hipólito) generada durante una etapa de extensión del arco intraoceánico de Vizcaino en el Triásico Superior (221 Ma).

SE07-20

CARACTERIZACIÓN DE CLASTOS CONGLOMERÁTICOS DE LA FORMACIÓN MATZITZI: IMPLICACIONES PARA LA EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DEL SUR DE MÉXICO EN EL PALEOZOICO

Juárez Zúñiga Sandra, Solari Luigi Augusto, Ortega Obregón Carlos, Castillo Reynoso Juan Carlos, Hernández Aviles Geovanny, Jaramillo Mariana y Milán de la Cruz Ricardo Enrique
Centro de Geociencias, UNAM
sjuares@hotmail.com

La Formación Matzitz es una sucesión clástica de origen continental que aflora en el sur de México y sobreyace discordantemente a los complejos Oaxaqueño y Acatlán. Consiste de capas de conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas carbonosas con abundante flora fósil del Paleozoico superior, con lo cual se le ha asignado una edad de depósito del Pérmico. Dentro de las litofacies conglomeráticas de la Fm. Matzitz se reconocen distintas fuentes de aporte, principalmente fragmentos metamórficos, provenientes del Complejo Oaxaqueño, y granitoides deformados y no deformados, cuarzoarenitas y líticos volcánicos de composición variable, cuya proveniencia es desconocida. En este trabajo se caracterizaron petrográficamente clastos conglomeráticos de líticos volcánicos, granitoides y cuarzoarenitas de la Fm. Matzitz, en conjunto con geocronología U-Pb en circones, para determinar su origen. Los resultados preliminares indican la existencia de un arco volcánico, de composición félsica-intermedia, emplazado en el sur de México durante el Pérmico medio-inferior (~280 Ma) con herencia notable de núcleos con edades entre ~0.9 y 1.3 Ga provenientes del basamento, correspondiente al Complejo Oaxaqueño. Estos datos son consistentes con las edades permo-carboníferas reportadas previamente de cuerpos plutónicos emplazados en el sur de México, que están asociados al arco continental del Paleozoico inferior. Adicionalmente, circones detríticos en un clasto de arenisca indican un origen exótico para los clastos de esta naturaleza, pues las edades van de ~3 Ga hasta ~280 Ma, con dos poblaciones principales de edad grenvilliana (ca. 1000 Ma) y cambro-panafricana (ca. 520–600 Ma), indicando la erosión de una cuenca preexistente. Los clastos

de granitoides tienen fundamentalmente edades de cristalización grenvillianas (1241.70±7.0 Ma), igualmente asociadas al Complejo Oaxaqueño, y del Paleozoico inferior, relacionadas al mismo arco volcánico. Estos datos permitirán refinar los modelos de la configuración y evolución tectónica del sur de México durante la Era paleozoica.

SE07-21

NUEVAS EDADES 40Ar/39Ar DEL EVENTO DE ACRECIÓN DEL TERRENO GUERRERO EN EL SUR DE MÉXICO: IMPLICACIONES TECTÓNICAS

Martini Michelangelo y Ortega-Rivera Amabel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
mmartini@geologia.unam.mx

El terreno Guerrero es el segundo terreno tectono-estratigráfico más extenso de Norte América. Está conformado por un basamento metamórfico de edad variable entre el Paleozoico y el Triásico, el cual es sobreyacido en discordancia por sucesiones de arco y tras-arco que se desarrollaron de manera periférica al núcleo continental norteamericano. Un aspecto todavía controvertido de la evolución del terreno Guerrero concierne la temporalidad de su acreción. En efecto, varios autores han propuesto que el terreno Guerrero colisionó con el núcleo continental de Norte América durante el Cretácico Tardío o el Paleoceno. Sin embargo, otros trabajos, entre los cuales destaca la famosa revisión de Dickinson y Lawton (2001), han sugerido que la edad de acreción del terreno Guerrero tuvo que ocurrir a finales del Cretácico Temprano, ya que calizas del Albiano descansan de manera discordante sobre las sucesiones de arco y tras-arco plegadas y cizalladas. En este trabajo se presentan nuevas edades 40Ar/39Ar obtenidas en cristales individuales de muscovita. Dichos cristales de muscovita fueron extraídos de dos zonas de cizalla miloníticas expuestas en las cercanías de Valle de Bravo, e interpretadas como estructuras asociadas al evento de acreción del terreno Guerrero. Los nuevos datos obtenidos indican que el evento de acreción ocurrió a finales del Cretácico Temprano, y que fue sucesivamente sobrepuesto por un segundo evento de acortamiento durante el Cretácico Tardío.

SE07-22

EL TERRENO GUERRERO, UN ARCO VOLCÁNICO PARA-AUTÓCTONO DESARROLLADO EN LA MARGEN OCCIDENTAL DE NORTEAMÉRICA: UNA PERSPECTIVA CON EDADES U-PB E ISÓTOPOS DE Hf EN CIRCONES DETRÍTICOS

Ortega-Flores Berlaine
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
berlaine_o@yahoo.com.mx

El terreno Guerrero, el cual comprende gran parte del occidente de México, consiste de sucesiones volcánoclasticas de arco del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, que sobreyacen a un basamento mesozoico, constituido por sucesiones volcánoclasticas jurásicas y sucesiones siliciclásticas triásicas que fueron depositadas en la margen occidental de Pangea ecuatorial. Dos escenarios tectónicos han sido propuestos para la evolución del arco volcánico del terreno Guerrero; uno de ellos sugiere su desarrollo sobre un sustrato oceánico y su posterior acreción a la margen occidental de Norteamérica. El otro escenario tectónico propone al terreno Guerrero como un arco inicialmente construido sobre el margen continental, el cual habría sido subsecuentemente separado durante la fase extensional de su cuenca de trasarco, para posteriormente volverse a acrecionar al continente. Con base en la petrografía, geocronología U-Pb e isotopía de Hf en sucesiones volcánoclasticas y detríticas del Terreno Guerrero y del margen occidental del núcleo continental mexicano, en este trabajo se aportan nuevas evidencias de que el arco Guerrero se desarrolló sobre la margen occidental de Norteamérica. Las firmas isotópicas de Hf de las sucesiones mesozoicas que constituyen el basamento del terreno Guerrero arrojan, para las unidades triásicas, valores de #Hf(251–201 Ma) de +10 a –17 y edades modelo en el rango de 2.0 a 0.5 Ga, mientras que las sucesiones Jurásicas tienen valores de #Hf(200–145 Ma) de +4 a –20, con edades modelo de 2.4 a 0.8 Ga. Por su parte, los circones cretácicos de las unidades volcánoclasticas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior del terreno Guerrero indican que, aunque hubo incorporación de componentes corticales juveniles, los magmas que dieron origen a estos circones reciclaron predominantemente componentes corticales viejos. Los valores de #Hf(145–115 Ma) están en un rango de +13 a #14, con edades modelo desde 2.0 hasta 0.3 Ga, reflejando el retrabajo dominadamente de corteza proterozoica o bien el reciclaje de las sucesiones estratigráficas subyacentes.

SE07-23

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA CORTEZA CONTINENTAL EN EL SW DE MÉXICO: EDADES DE U-Pb Y EVOLUCIÓN ISOTÓPICA DE Hf EN ZIRCONES DETRÍTICOS

Cavazos Tovar José Guadalupe¹, Gómez Tuena Arturo² y Parolari Mattia²

¹Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, CGEO, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

gcavazos81@hotmail.com

Hacia la parte SW de México se han suscitado importantes eventos tectónicos y magmáticos que han permitido la configuración actual del continente Mexicano. Sin embargo, aunque estos eventos son más o menos conocidos, aun desconocemos las proporciones involucradas entre material juvenil y retrabajado asociados a cada periodo. Con base a esto, en este trabajo reportamos la geocronología U-Pb e isotopía de Hf de 25 muestras de sedimentos de río recientes que drenan hacia la costa Pacífica, desde San Blas, Nayarit hasta Zihuatanejo, Guerrero. Estos datos nos permitirán reconocer los periodos de mayor producción cortical y retrabajo, además de encontrar su relación con los principales eventos tectónicos que se han reportado en el Sur de México. Nuestros datos de zircones detríticos revelan un margen pasivo mayor a 207Ma sobre la región y al menos seis pulsos magmáticos (158, 112, 81, 51, 45 y 23Ma) con distintos periodos de actividad. Los zircones mayores a 207Ma representan fuentes de metasedimentos pertenecientes al Complejo Arteaga (Centeno et al., 2011) con poblaciones de edades Grenvillianas, Pan-Africanas y Permotriásicas producto de la erosión de bloques continentales presentes durante este periodo. El primer pulso magmático se da a los 158Ma (Jurásico Superior) y presenta patrones verticales muy variables de ePb desde -10 hasta +12, quizás controlados por el inicio de la subducción. Durante el Cretácico Inferior nuestro pulso magmático se da a los 112Ma y los valores de ePb llegan a ser muy juveniles con valores en promedio de +5 hasta +15, coincidentes con el régimen extensional reportados durante este periodo (Martini et al., 2011). Los zircones detríticos del Cretácico Superior representados por el Batolito Puerto Vallarta y Batolito Manzanillo con un pulso magmático a los 81Ma, muestran datos isotópicos de Hf contrastantes a la misma edad (-5 a +5 y +8 a +12, respectivamente), sugiriendo fuentes retrabajadas y juveniles, quizás controladas por distintas naturalezas de basamento en la región. Durante el Eoceno nuestros zircones detríticos revelan dos pulsos magmáticos a los 51Ma y 45Ma con patrones de ePb muy variables desde +1 hasta +11, involucrando en sus etapas iniciales un componente retrabajado, el cual evoluciona con el tiempo a magmatismo mas juvenil, posiblemente gobernado por un régimen transtensional (Martini et al., 2009). Por último, nuestros datos de zircones detríticos correspondientes a la SMO muestran un pulso magmático a los 23Ma con valores de ePb que van desde -2 hasta +5, los cuáles al igual que el Eoceno evolucionan hacia magmas mas juveniles con el tiempo, reflejando claramente el ambiente extensional reportado en esta provincia (Ferrari et al., 2017). Nuestro estudio nos permite entender de mejor manera el papel que juega el manto y la corteza en los distintos ambientes tectónicos. En ese sentido, nuestros magmas juveniles son coincidentes con zonas extensionales, mientras que nuestros magmas retrabajados quizás involucren ambientes compresionales.

SE07-24

¿QUÉ TAN VALIDAS SON LAS RECONSTRUCCIONES DE PROCEDENCIA EN SUCESIONES VOLCANO-SEDIMENTARIAS?

Centeno García Elena
Instituto de Geología, UNAM
centeno@unam.mx

En la mayoría de los trabajos realizados con zircones detríticos se asume que las poblaciones de edades representan la edad de las rocas expuestas en las áreas fuente, donde la erosión y el transporte originan las mezclas de circones detríticos que quedan preservadas en las areniscas. Cuando se tiene evidencia de volcanismo contemporáneo, se asume que la edad de depósito es la edad de la población más joven o al menos se considera como la edad máxima del depósito. Las edades mas antiguas se interpretan como evidencia de rocas antiguas aflorantes o como zircones de múltiples ciclos sedimentarios (retrabajados), y en pocas ocasiones, erróneamente, se considera la presencia de circones antiguos como evidencia de la presencia de un basamento antiguo por debajo de las rocas sedimentarias estudiadas (incompatible con ciclo sedimentario). Con los resultados se hacen modelos paleogeográficos en los que se acomodan todas las rocas fuentes posibles con base en las poblaciones. Sin embargo, es muy probable que, sobre todo en regiones con importantes volúmenes de volcanismo, el reciclado se esté dando por procesos magmáticos y no sedimentarios, y que los circones sean incorporados por el magma y no por la erosión superficial. Pocos trabajos de procedencia discuten el papel de este proceso de reciclado magmático y su impacto en la interpretación de los resultados. Se presenta un estudio comparativo de las poblaciones de edades de circones detríticos y circones magmáticos de rocas ígneas intrusivas y sedimentarias de la región de Zihuatanejo-Colima del Terreno Compuesto Guerrero, donde algunos cuerpos intrusivos presentan poblaciones muy similares a las propias de rocas sedimentarias, y con base en la petrología, la discusión de nuevas interpretaciones sobre la procedencia.

SE07-25

MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS), A QUANTITATIVE APPROACH TO SEDIMENTARY PROVENANCE: SOME EXAMPLES FROM MEXICO

Solari Luigi Augusto¹, Ortega-Flores Berlaine² y Martini Michelangelo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, Juriquilla, Querétaro

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, CU, CdMx

solari@unam.mx

Quantifying the sedimentary provenance became, in the last few years, a sort of "holy grail" for those devoted to the paleo-environment and tectonic reconstructions. While in the past provenance studies were merely based on qualitative comparisons, such as petrography and modal composition, the advance of microanalytical techniques driven by the community during the last 15 years has allowed the (fast, precise and cheap) quantification of detrital mineral age and isotopic characterization by in situ analysis. The combination of age, isotopes and even mineral chemistry analyses, has allowed a better understanding of depositional environments, generating a large amount of data that also require a correct managing, to allow quantitative interpretations to be obtained. While a quantitative comparison of the similarity between two detrital samples can be readily performed by Kolmogorov-Smirnov (K-S) statistic, once many more samples are compared between them, more complex statistic approaches can be used. One of those is the Multi Dimensional Scaling (MDS), which allows to compare the dissimilarity among each pair of samples, using K-S statistic, thus building a dissimilarities matrix, based on the stress from the ideal fit, and a graphic plot that tends to group more similar samples, pulling apart those that are more dissimilar. Three examples based on Mexican siliclastic deposits, belonging to the Ayu - Acatlán Complexes, the Early Cretaceous sandstone bordering the eastern Guerrero limit, and the Triassic Potosi Fan, will be used to demonstrate the applicability of such method to try unravel complex relationships between detrital zircon analyses.

SE07-26

MIGRACIÓN DE CUENCAS COLISIONALES FOREDEEPS: EVOLUCIÓN TECTONICA SEDIMENTARIA DE LA CUBIERTA CRETÁCICA SUPERIOR (FORMACIONES MIAHUATEPEC Y MEZCALA), REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO

Guerrero Suastegui Martín¹, Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto², Hiscott Richard N.³, García-Díaz José Luis¹ y Molina-Garza Roberto Stanley⁴

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, UACT-UGRO

²Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

³Earth Science Department, Memorial University of Newfoundland, Canada

⁴Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
mgros62@yahoo.com.mx

Datos paleontológicos, estratigráficos, sedimentológicos y petrográficos de las formaciones Miahuatepec y Mezcala documentan una nueva base interpretativa que permiten establecer una evolución tectonosedimentaria del Cretácico Superior, en la región norte del estado de Guerrero (área Arcelia-Taxco). Bajo esta consideración, las formaciones Miahuatepec y Mezcala representan una evolución en tiempo de la sucesión del Cenomaniano Superior al Turoniano en la región estudiada (Arcelia-Teloloapan-Taxco); así mismo, un mayor detalle cronoestratigráfico-sedimentológico permite dividir a las sucesiones del Cretácico Superior en tres cuencas foredeeps colisionales, con evoluciones independientes; (1) área Arcelia (Cenomaniano Inferior), sistemas profundos ricos en arenas conformados por canales, lóbulos y transición lóbulo-canal. Las areniscas de la Formación Miahuatepec son litarenitas feldespáticas de grano medio a muy grueso (Q35; F21; L44) pobremente a moderadamente clasificadas, con procedencia de arco disectado y orógeno reciclado; (2) Teloloapan (Cenomaniano Inferior-Turoniano), caracterizada por sistemas profundos de canal-levee y lóbulos similares con los abanicos submarinos ricos en lodo. Las areniscas de la Formación Mezcala, en la región de Pachivía, son litarenitas feldespáticas y litarenitas (Q30, F23, L47) y calcilitas que varían de moderada a pobremente clasificadas, evidenciando una procedencia de arco disectado a orógeno reciclado; y (3) área Taxco (Cenomaniano Superior-Turoniano), caracterizada por dos complejos turbidíticos con lóbulos y canales-leeves depositados en la parte media e inferior de abanicos submarinos rico en arenas y lodos. Las areniscas de la Formación Mezcala, en el área Taxco el Viejo, presentan moderada clasificación, principalmente litarenitas (Q25, F20, L55), ilustrando un desarrollo de una cuenca producida por colisión (orógeno reciclado). Los datos muestran que la relación deposicional y evolución tectónica de las formaciones Miahuatepec y Mezcala en la parte norte del estado de Guerrero, ayudan a interpretar eventos de cabalgaduras (levantamientos) y subsidencia; formando cuencas foredeep, con una posible evolución a cuencas de tipo piggyback (Arcelia y Teloloapan), generadas durante la amalgamación entre las secuencias de arcos volcánicos del Terreno Guerrero (subterrenos Arcelia y Teloloapan) y las rocas carbonatadas (formaciones Teloloapan y Morelos), a partir del Cenomaniano Inferior-Turoniano.

SE07-27 CARTEL

**EVOLUCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA FORMACIÓN
LA JOYA (JURÁSICO TEMPRANO - MEDIO), EN
EL ÁREA DE REAL DE CATORCE, SLP, MÉXICO**López Gallegos Luis Uriel¹, Barboza Gudiño José Rafael² y Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto³¹Universidad autónoma de San Luis Potosí, UASLP²Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
chico-roses@hotmail.com

Con base en la elaboración de 30 perfiles sedimentológicos-estratigráficos de escalas variables de la Formación La Joya, en la Sierra de Catorce, S.L.P., se establecen ocho facies, ocho asociaciones de facies y cinco elementos arquitecturales, característicos de sistemas fluvio-aluviales. El grupo de facies inferior, medio y superior está conformado en el siguiente orden: facies de tipo gravoso (Gci, Gh, Gmg, Gp), desarrolladas en la parte basal por flujos turbulentos ricos en lodos y arenas, flujos de alto estrés y migraciones de barras, facies arenosas (St, Sm y Sre), de la parte media formadas por flujos de alta velocidad con ritmos de sedimentación constante sin fases de tracción del sedimento y facies lodosas (Fl) desarrolladas por corrientes débiles. Estas características denotan subambientes sedimentarios relacionados con sistemas fluviales trenzados con desarrollo de barras longitudinales y transversas, rellenos multi-episódicos de gravas y arenas, "point-bar", llanuras de inundación y zonas de escarpes de canales aluviales. Estos subambientes sedimentarios están relacionadas con cinco elementos arquitecturales establecidos con base en el análisis de facies y de las asociaciones de facies, siendo: : Barras y formas de fondo gravosas (elemento GB), depósitos de flujos por gravedad (elemento SG), formas de arenas de fondo (elemento SB), depósitos de acreción baja y acreción lateral (elemento DA-LA) y areniscas laminadas (elemento LS). Como punto final, la conjunción de la interpretación de las facies, asociaciones de facies, elementos arquitecturales y del análisis de paleocorrientes, permite proponer que los sistemas fluvio-aluviales documentados en la Formación La Joya en la Sierra de Catorce, se desarrollaron con una dirección preferencial NE 14°, desarrollados muy posiblemente dentro de una cuenca extensional asimétrica de tipo tras arco durante el Jurásico Temprano a Medio.

SE07-28 CARTEL

**MICROFACIES DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE
(CRETÁCICO SUPERIOR), EN UNA SECCIÓN
DEL CAÑÓN DE SANTA ROSA, SIERRA MADRE
ORIENTAL, ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO. TESIS**

Valdés Cárdenas Felipe de Jesús y López Doncel Rubén Alfonso

Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
felipe-pipe-91@hotmail.com

La Formación San Felipe del centro y noreste de México cuenta con pocos estudios paleontológicos, especialmente aquellos que adicionalmente tratan sobre sus microfacies. En el presente trabajo se trata de sumar al conocimiento de la Formación San Felipe la información microfascial establecida en este estudio. Este trabajo se realizó en el Campus Ecológico Iturbide, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el Cañón de Santa Rosa del municipio de Iturbide, N. L. El área de estudio se encuentra ubicada a 24° 42.407' N; 99° 51.682' W, y a 24° 42.495' N; 99° 52.005' W. La secuencia estudiada de la Formación San Felipe se presenta en una columna estratigráfica, en la que es posible observar una secuencia rítmica de calizas, calizas arcillosas y lutitas calcáreas con intercalaciones de varias capas de cenizas volcánicas de color verde, anteriormente denominadas como bentonita. La textura de las calizas y calizas arcillosas es casi exclusivamente de tipo Wackstone con una microfacies estándar de tipo 3 y pertenecientes a una zona de facies 3 de margen profundo de la cuenca, según Wilson (1962) y Flügel (2004). El estudio paleontológico y micropaleontológico permitió reconocer la presencia de fósiles pelágicos, sobretodo de foraminíferos planctónicos de los géneros Globotruncina sp., Globotruncanella sp., Archaeoglobigerina sp., Dicarinella sp. y Heterohelix sp., así como de algunos foraminíferos bentónicos, que nos indican un ambiente de depósito de corrientes profundas. La edad asignada a la Formación San Felipe en el área de estudio es de Coniaciano Superior a Campaniano, ya que la presencia de fósiles índice como Dicarinella concavata, Archaeoglobigerina cretacea, Globotruncanella calcarata, entre otros, nos indican esta edad.

SE07-29 CARTEL

**ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LAS
ARENISCAS DEL OLIGOCENO DEL ÁREA DE
CERRO PELÓN, SUR DEL GOLFO DE MÉXICO**

Guerrero-Moreno Sandra, Ortega-Flores Berlaïne, Martini Michelangelo y Solari Luigi Augusto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
sandraegmguerrero@gmail.com

En el sureste de México, rocas jurásicas y cretácicas se encuentran sepultadas bajo voluminosas sucesiones sedimentarias de edad Paleógeno, cuyo origen

es aún un tema de debate. Algunos autores proponen que estas sucesiones se derivan de rocas metamórficas proterozoicas en facies de granulitas de Oaxaquia, un bloque microcontinental exhumado durante el evento orogénico del Cretácico Tardío-Paleógeno, originado por la convergencia entre las placas de Norte América y Farallón. Alternativamente, otros autores proponen que estas sucesiones fueron derivadas del Complejo de Sutura de Guatemala, el cual contiene rocas metamórficas en facies de eclogitas a esquistos verdes que fueron exhumadas a lo largo del límite de placa entre Norteamérica y Caribe durante el Cretácico Tardío y Paleógeno. Para corroborar estos escenarios, presentamos nuevos datos petrográficos, análisis químicos de minerales pesados y edades de U-Pb de circones detríticos, con el objetivo de aclarar algunos aspectos acerca del origen de las areniscas del Oligoceno expuestas en el área de Cerro Pelón. Nuestros datos indican que las areniscas estudiadas proceden principalmente de rocas metasedimentarias y metaígneas en facies de eclogitas a esquistos verdes y rocas ultramáficas del Complejo de Sutura de Guatemala. Igualmente, se ha documentado contribuciones menores del Complejo del Macizo de Chiapas, expuesto directamente al sur del área de Cerro Pelón. Con base en estos datos, concluimos que al menos parte del registro estratigráfico del Paleógeno en el sureste de México fue principalmente controlado por el desarrollo del límite de placa Norte América-Caribe en lugar del evento orogénico relacionado con el margen Pacífico de Norte América.

SE07-30 CARTEL

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA MÁRGEN
ORIENTAL DEL LEVANTAMIENTO DE
HUAYACOCOTLA, ANTES LLAMADO ANTICLINORIO**

Rivera González Adrián, Fitz-Díaz Elisa y Hernández-Vergara Rogelio

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
adrian.ri@outlook.com

El Anticlinorio de Huayacocotla (AH) es una importante estructura tectónica del oriente de México, que forma parte del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM), con una longitud de 55 km largo por 25 km de ancho (aprox), ha sido descrita como un pliegue de primer orden que involucra a rocas del Paleozoico, Jurásico y Cretácico, mismas que forman la cubierta sedimentaria del centro-oriente de México. Sin embargo, un estudio estructural detallado, indica que esta estructura no es tan simple. En el área comprendida entre La Morita-Tlacolula, Hidalgo, aflora la margen oriental del AH, en donde se expone un sistema de fallas subvertical con orientación N-S (Falla Pochutla), la cual pone en contacto localmente a rocas volcánicas del Paleozoico (Fm. Tuzanco) al occidente, a calizas cretácicas y el basamento cristallino (Gneis Huiznopala) al oriente. En el bloque oriente aflora una sucesión de rocas carbonatadas del Jurásico Tardío al Cretácico tardío, las cuales fueron plegadas sobre una zona de despegue basal localizada en el contacto con el gneis greviliano. Por otro lado, en el bloque occidental aflora la Fm. Tuzanco, cubierta discordantemente por lechos rojos del Jurásico Medio de las formaciones Huayacocotla y Cahuasas, sobre las cuales se localiza una zona de despegue que las separa de las sucesiones carbonatadas del Jurásico Tardío-Cretácico. Esta discrepancia en la estratigrafía alrededor de la falla implica que esta estructura controló la distribución de los lechos rojos del Jurásico Medio, y por lo tanto pudo ser originalmente una falla normal, la cual invirtió su cinemática levantando a las rocas paleozoicas y poniéndolas al mismo nivel que las calizas cretácicas. El hecho que la Falla Pochutla corta y levanta a la zona de despegue basal ubicada debajo de los carbonatos cretácicos plegados, indica que es posterior a una primera fase de deformación de piel delgada en el CPCM en esta área. Las observaciones y datos estructurales de fallas y pliegues colectados en el área sugieren que el AH no es tal, sino que más bien parece ser el resultado de al menos tres episodios de deformación sobre puestos, incluidos: 1), una fase de extensión con dirección E-W en el Jurásico Medio la cual originó a la Falla Pochutla; 2), compresión NE-SW, la cual generó a las estructuras de piel delgada, con una zona de despegue localizada en calizas carbonosas del Jurásico Tardío; y 3), la inversión de la Falla Pochutla. Por lo tanto, "levantamiento de Huayacocotla" o la cuenca invertida de Huayacocotla son términos más apropiados para describir a esta estructura.

SE07-31 CARTEL

**LA SECCIÓN VOLCÁNICA Y SEDIMENTARIA DE
ROSARIO NUEVO: UN CUENTO ININTERRUMPIDO
SOBRE EL JURÁSICO EN EL SUR DE MÉXICO**

Osorio Afanador Diego Alberto y Molina-Garza Roberto Stanley

UNAM
dialoso@hotmail.com

La sección parcialmente expuesta de las lavas de la Unidad Diquiyú en conjunto con las secciones completas de los conglomerados, areniscas y lodolitas de las formaciones Rosario y Cualac que afloran en el arroyo Rosario Nuevo y en las áreas circundantes del poblado del mismo nombre, en el norte del estado de Oaxaca, constituyen un registro casi ininterrumpido de los eventos que ocurrieron durante el Jurásico Temprano – Medio. Para el estudio de esta zona se realizaron dos campañas de campo. En una se levantó una columna estratigráfica de las formaciones Rosario y Cualac de la cual se extrajeron datos sedimentológicos y de paleocorrientes y se recolectaron 17 muestras de areniscas finas a gruesas para hacer petrografía. En otra campaña se realizó la recolección de muestras para paleomagnetismo en 20 localidades de la Unidad Diquiyú a lo largo y ancho del

Anticlinorio de Diquiyú. Las observaciones de campo en conjunto con los análisis estratigráficos, sedimentológicos y petrográficos han permitido discriminar como agentes de erosión y depósito a ríos de alta y baja sinuosidad que retrabajaron los depósitos volcánicos generando potentes sucesiones conglomeráticas de capas lenticulares compuestas casi exclusivamente por clastos de andesita; las capas de arenisca a su vez revelan que estos ríos erodaron niveles cada vez mas profundos de la corteza (Complejo Acatlán) generando capas lenticulares de litoarenitas con laminación cruzada y con clastos metamórficos de grado cada vez mayor a medida que se asciende estratigráficamente. Los resultados paleomagnéticos dan una dirección media al oeste con una inclinación de menos de 10 grados; esto se traduce en una paleolatitud ecuatorial (datos soportados por estudios paleobotánicos) para el depósito de la sucesión estratigráfica, además de importantes rotaciones de eje vertical. Los resultados de estos estudios han permitido evaluar las condiciones ambientales y climáticas de la zona y además visualizar la relación de los eventos locales con eventos globales de la época, como la separación de Pangea y la subducción en su borde occidental y con el movimiento de bloques corticales que estos procesos causaron.

Sesión especial

ASTROBIOLOGÍA Y QUÍMICA PREBIÓTICA

Organizadores:

María Guadalupe Cordero-Tercero
Ana Leonor Rivera López

SE09-1

EL POSIBLE PAPEL DE LAS ARCILLAS EN PROCESOS DE EVOLUCIÓN QUÍMICA

Negrón Mendoza Alicia¹, Heredia Alejandro¹, Colín García María² y Ramos Bernal Sergio¹¹Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, ICN-UNAM²I. de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
negrón@nucleares.unam.mx

Explicar cómo se originó la vida en la Tierra es un tema ancestral y sin embargo actual. Dada su naturaleza, no sólo científica sino filosófica muchas teorías han sido propuestas para explicar la presencia de vida en el planeta. Una posible aproximación al problema es abordar la pregunta de manera científica en lugar de histórica, es decir, preguntarse: ¿cómo puede surgir la vida? en lugar de: ¿cómo surgió la vida? Para responder tal pregunta se debe intentar determinar de manera experimental qué resulta factible químicamente y qué pudo haber ocurrido en la Tierra primigenia. De acuerdo con Oparin (1924) y Haldane (1928), la aparición de la vida fue precedida por un proceso de evolución química, en el que se formaron compuestos orgánicos de diferente complejidad. En esta etapa se establecería la base para el desarrollo de organismos vivos. Así se definió a la evolución química como la secuencia de procesos físicos y químicos sobre la Tierra primitiva que llevaron a los compuestos inorgánicos simples a formar moléculas orgánicas complejas y eventualmente la materia viva. En 1953 Stanley Miller y Harold Urey (Miller 1953, 1955) aportaron pruebas de laboratorio de que la evolución química descrita por Oparin podría haber ocurrido, y es desde ese momento que las investigaciones en el campo se han diversificado y a las experiencias de laboratorio constituyen la llamada química prebiótica. Los compuestos químicos pudieron formarse directamente a través de reacciones químicas de los componentes de la atmósfera o en etapas, a través de intermediarios reactivos. Estos compuestos se condensaron ya sea en ambientes acuosos o, más probablemente, en la superficie de sedimentos. Cuando se analizan los ambientes en donde estas reacciones posiblemente tuvieron lugar en la Tierra primitiva, se encuentra que el medio geológico más extendido lo constituyen medio heterogéneos. De este modo las reacciones entre minerales y compuestos disueltos en agua, pudieron ser muy relevantes. Este tipo de reacciones pudieron ocurrir a las orillas de los océanos, en lagunas someras, etcétera, en donde procesos de evaporación/re-hidratación fueron importantes como factores de concentración de los compuestos químicos. Estos ambientes geológicos son ricos en minerales con capacidad de adsorber compuestos orgánicos, por lo tanto, las superficies minerales pueden haber contribuido centralmente a los problemas de concentración y organización de moléculas orgánicas. Una de las más importantes limitaciones es conocer el conjunto de minerales que pudieron ser accesibles en la Tierra primitiva. Con base en su abundancia y distribución, se puede saber que los silicatos son el grupo de minerales dominantes en la corteza terrestre y, en particular, las arcillas. En este trabajo se discutirá el posible papel de las arcillas en procesos de evolución química, en particular el posible efecto catalizador y/o protector que brindan a las moléculas orgánicas adsorbidas en ellas y expuestas a fuentes de radiación muy energética. Agradecimiento al proyecto PAPIIT No. IN226817.

SE09-2

CATÁLISIS HETEROGÉNEA POR RADIACIÓN EN ÁCIDOS CARBOXÍLICOS DE IMPORTANCIA PREBIÓTICA

Negrón Mendoza Alicia y Ramos Bernal Sergio
Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, ICN-UNAM
negrón@nucleares.unam.mx

Esta investigación tiene como objetivo resumir nuestros estudios del efecto de la radiación ionizante en un sistema heterogéneo, formado por un ácido carboxílico adsorbido en una arcilla. El estudio se centra en discriminar si la presencia de una superficie sólida altera la formación y distribución de productos radiolíticos en relación con el radiólisis del ácido carboxílico sin la superficie (arcilla). Los resultados mostraron que la radiólisis del sistema arcilla-ácido va por un camino de definido en lugar de mostrar diversas vías de descomposición en el caso de soluciones acuosas simple la vía principal fue la descarboxilación del compuesto en estudio en lugar de reacciones de condensación/dimerización. Se agradece el apoyo del proyecto PAPIIT No. IN226817. Los autores agradecen el apoyo técnico de la Q. Claudia Camargo.

SE09-3

MODELO BASADO EN AGENTES PARA REACCIONES QUÍMICAS INDUCIDAS POR RADIACIÓN IONIZANTE

Rivera Ana Leonor, Ramos Bernal Sergio y Negrón Mendoza Alicia
Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
anarivera2000@gmail.com

Las reacciones químicas inducidas por la radiación son un proceso crucial para comprender la formación de moléculas relevantes biológicamente en cuerpos planetarios y cometas. Aunque las condiciones astrofísicas y de la Tierra primitiva son difíciles de simular en el laboratorio, hay algunos experimentos que estudian los cambios inducidos por radiación ionizante. En particular, en la Tierra primitiva

existía Hierro (Fe²⁺), el cual fue oxidado por la alta radiación ionizante disminuyendo su concentración inicial, aunque no hubiese oxígeno libre presente. Para entender este fenómeno de empobrecimiento de Fe²⁺ en las primeras etapas de la Tierra, aquí se presenta un modelo para explicar la oxidación inducida por radiación gamma de iones de Fe²⁺ en una solución acuosa. El modelo matemático describe el balance de masa de todas las especies involucradas, considerando las reacciones químicas como ecuaciones diferenciales no-lineales ordinarias y en este trabajo es resuelto por un modelo basado en agentes que simula la evolución química de las reacciones de oxidación de los iones bajo radiación. En el modelo, cada especie química involucrada es considerada como un agente que puede interactuar con otras especies con tasas de reacción conocidas, se consideran términos de pérdida (todas las reacciones que llevan a la destrucción de especies) y fuentes (todas las reacciones que producen especies), la radiación ionizante es involucrada como un factor que promueve la formación/destrucción de productos y la temperatura determina la velocidad de difusión de los agentes. Con este modelo reproducimos los cambios en la concentración de las especies obtenidas en el laboratorio bajo diferentes condiciones de irradiación y hemos podido estudiar otros sistemas relevantes en procesos de evolución química.

SE09-4

MODELO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL DE REACCIÓN DE LA CITOSINA EN DISOLUCIÓN ACUOSA BAJO CAMPOS DE RADIACIÓN GAMMA

Paredes Arriaga Alejandro, Rivera Ana Leonor y Negrón Mendoza Alicia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
apa@ciencias.unam.mx

En este trabajo se estudió la estabilidad de la citosina en disolución acuosa de manera experimental y numérica para describir su comportamiento bajo campos de radiación gamma; simulando así posibles condiciones prebióticas. En la parte experimental, se analizaron disoluciones acuosas de citosina (5x10⁻⁴ M) a pH 2 mediante espectroscopía UV para la caracterización de la molécula, con estas condiciones, las muestras fueron sometidas a diferentes dosis de radiación gamma y analizadas como se menciona. En la parte teórica, se propone un mecanismo de reacción para la citosina. Con este mecanismo se construye un modelo matemático que considera las reacciones químicas como ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales [1], que se resuelven simulando computacionalmente la radiación mediante un modelo basado en agentes [2,3], donde cada especie química participa e interacciona con otras especies con velocidades de reacción conocidas. Este modelo reproduce en forma muy eficiente los resultados experimentales de los cambios en la concentración de la citosina bajo diferentes campos de radiación obtenidos en el laboratorio. Referencias: 1. Sánchez-Mejorada, G et al. (2008) Rad Measur 43(2):287-290. 2. Rivera, AL et al. (2016) J Nucl Phys Mat Sci Rad App 4(1):149-157. 3. Rivera, AL et al. (2016) J Nucl Phys Mat Sci Rad App 5(1):15-23.

SE09-5

PROCESOS DE ENRIQUECIMIENTO/EMPOBRECIMIENTO DE LITIO EN LAS ETAPAS INICIALES DE LA EVOLUCIÓN DE CUERPOS PLANETARIOS

Durand-Manterola Hector¹, Flandes Alberto¹, Cervantes-de-la-Cruz Karina², Cordero-Tercero Guadalupe³, Heredia Alejandro³, Negrón Mendoza Alicia³, Beraldi-Campos Hugo⁴, Ramos Bernal Sergio⁵, Valdivia Julio⁶ y Rivera Ana Leonor⁷¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México³Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM⁴Sociedad Mexicana de Astrobiología, Universidad Nacional Autónoma de México⁵UTEC, Universidad de Ingeniería y Tecnología, Perú

hdurand@geofisica.unam.mx

La estructura interior de un cuerpo planetario puede estimarse estudiando su masa, forma, tamaño, perfiles gravitacionales, propagación de ondas sísmicas, para determinar si el cuerpo está diferenciado y cómo las distintas capas están distribuidas, a partir de lo cual también podemos inferir su composición. Además de los métodos basados en la dinámica y estructura del cuerpo, se puede deducir su interior usando técnicas mineralógicas y/o geoquímicas. En particular, algunos elementos, como el litio, son útiles para inferir procesos evolutivos planetarios. Distintos tipos de procesos físicos en los cuerpos planetarios, tales como la diferenciación de núcleo-manto pueden generar un enriquecimiento en litio de algunas regiones del cuerpo y el empobrecimiento en otras. En este trabajo introducimos dos modelos analíticos simples para estudiar este fenómeno: un modelo de diferenciación y otro de cristalización fraccionada. Con estos modelos y los valores reportados de abundancias de litio (que van de 0.62 ppm a 2000 ppm) en algunos materiales de cuerpos planetarios del sistema solar, primero calculamos el enriquecimiento en el manto de Mercurio, Venus, la Tierra, la Luna, Marte y Vesta. Posteriormente, evaluamos las fracciones de enriquecimiento/empobrecimiento de las cortezas primordiales de la Luna y Vesta. A partir de estos cálculos somos capaces de derivar tres conclusiones importantes: 1. Mercurio tiene una capa de corteza superior empobrecida en litio. 2. El litio en el manto de la Tierra está siendo empobrecido desde que tuvo lugar su diferenciación manto-núcleo, implicando, por conservación de la masa, que este litio debe estar en la corteza. 3. Las chasignitas

y diogenitas no son muestras de los mantos de Marte y Vesta, lo más probable es que sean de la corteza de estos cuerpos.

SE09-6

INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN IONIZANTE EN LA DETECCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO Y CARBONATOS EN UN SUELO ANÁLOGO A MARTE

Rojas Vivas José Alfredo, Navarro González Rafael y De la Rosa Canales José Guadalupe
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
alfredo.rojas@nucleares.unam.mx

Marte presenta actualmente ambientes desérticos, con formación de dunas y tormentas de polvo. Sin embargo, su morfología superficial sugiere que en el pasado del planeta rojo, el ambiente era similar al que se tenía en la Tierra primitiva, tiempo en el que posiblemente la atmósfera marciana fue capaz de favorecer el desarrollo y sostén de vida. La búsqueda de biofirmas en Marte como los compuestos orgánicos es de gran importancia para identificar la vida basada en la bioquímica del carbono, pero lo es también la búsqueda de los carbonatos en el suelo marciano, los cuales pueden asociarse con organismos extintos. En el año 2008, la misión Phoenix encontró pequeñas cantidades de carbonatos en el regolito del Polo Norte marciano y se piensa que estos minerales fueron originados por la precipitación de dióxido de carbono atmosférico en posibles cuerpos de agua. Desafortunadamente, las proporciones de estos materiales no corresponderían a los grandes cuerpos de agua que se piensa pudieran existir en el pasado de Marte, posiblemente porque existe un fenómeno que degrada tanto a los carbonatos como a la posible materia orgánica. En el presente trabajo se evaluó el efecto que tiene la radiación ionizante en la descomposición de los carbonatos y la materia orgánica en un suelo análogo a Marte, como lo es el desierto de Mojave-EUA. Los resultados obtenidos muestran que los principales compuestos de descomposición son el dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrocarburos (saturados, insaturados y aromáticos). El suelo irradiado fue analizado mediante la técnica analítica acoplada de PY-GC-MS. Los resultados obtenidos muestran que la pirólisis descompone a los carbonatos y fragmenta al material orgánico presente en los suelos irradiados, produciendo compuestos simples, hidrocarburos, aromáticos, oxigenados y nitrogenados. Además, se determinó que las tasas de descomposición del material orgánico y carbonatos son de -0.1411 MGy $^{-1}$ y -0.1528 MGy $^{-1}$ respectivamente, por lo tanto, se cree que estos materiales pudieron desaparecer de la superficie marciana hace más de 2.76 mil millones de años. Adicionalmente calculamos que es posible encontrar estas biofirmas en profundidades mayores a 1.63 metros en suelos parecidos al desierto de Mojave.

SE09-7

LA CONFIABILIDAD DE LA RELACIÓN TITIUS-BODE Y SUS IMPLICACIONES EN LA BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS

Lara Cruz Patricia¹, Cordero-Tercero Guadalupe² y Allen Christine³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Instituto de Astronomía, UNAM
lara@geofisica.unam.mx

En 1776, Daniel Titius propuso una expresión matemática que reproducía las distancias del Sol a los planetas conocidos (6). Sin embargo, en ella había un error, pues para que las distancias resultado de esta progresión numérica coincidieran con las distancias a los planetas conocidos, había que suponer un "hueco" entre Marte y Júpiter, pues para $n=5$, la progresión daba una distancia de 2.8 UA donde claramente no había un planeta. Después del descubrimiento de Urano por William Herschel en 1781, la comunidad científica volvió a tomar en cuenta la ley de Titius-Bode pues el nuevo planeta descubierto se encontraba a la distancia predicha para $n=8$. El 1 de enero de 1801, Piazzi descubre Ceres a 2.8 UA que es la distancia dada por la progresión de Titius para $n=5$. La distancia de Neptuno ($n=9$), ya no se ajustó tan bien a la ley de Titius y Plutón definitivamente rompió la sucesión. Desde entonces, la Relación de Titius-Bode ha sido objeto de controversias: algunos opinan que es una simple coincidencia matemática mientras otros opinan que es resultado de procesos físicos relacionados con la dinámica planetaria durante las primeras etapas de formación del sistema solar. En el 2008, Poveda y Lara mostraron que el primer sistema extrasolar conocido, 51 Cancri, seguía una relación tipo Titius-Bode y encontraron que una expresión del tipo $a=b \cdot e^{cn}$ donde a es el semieje mayor de las órbitas de los planetas, n su número de orden respecto a la estrella y b y c son constantes a determinar propias del sistema planetario, representa bastante bien la distancia de los planetas a la estrella [1]. Utilizando datos de 27 sistemas exoplanetarios con 5 o más planetas y un método de ajuste propuesto, concluimos que la relación de Titius-Bode, en la forma propuesta por Poveda y Lara [1], representa bastante bien las distancias de los sistemas exoplanetarios a sus respectivas estrellas y que es capaz de predecir la posición de planetas no observados con un 78 % de probabilidad. [1] Poveda, A., & Lara., P. 2008, RMxAA, 44, 243-246

SE09-8

PROPUESTA DE REDEFINICIÓN DEL TÉRMINO METEOROIDE

Cordero-Tercero Guadalupe¹ y Covarrubias Saavedra Martín²
¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
gcordero@igeofisica.unam.mx

Es muy común que en los medios de comunicación se utilicen los términos meteorito, meteoride y meteorita de manera errónea e indistintamente. Sin embargo, aún a nivel profesional, estos términos se llegan a emplear inadecuadamente. El término meteoride fue acuñado por H. A. Newton en 1865 para designar a un cuerpo sólido capaz de producir meteoros, pero antes de su entrada a la atmósfera terrestre [1]. En 1995, Beech y Steel redefinen meteoride como un objeto mayor a 100 micras, pero menor a 10 metros. El límite inferior es el tamaño mínimo de un objeto capaz de producir meteoros, mientras que el límite superior es el tamaño mínimo de un objeto capaz de ser observado por un telescopio [2]. Posteriormente, Rubin y Grossman siguen la misma línea de pensamiento de Beech y Steel y definen a un meteoride como un objeto de dimensiones menores a 1 metro pues, esencialmente, los telescopios actuales son capaces de registrar objetos de ese tamaño. Desde nuestro punto de vista, dado el avance tecnológico, los telescopios son cada vez más potentes y su límite de detección permite observar objetos más pequeños, por lo que si sigue con la misma tendencia va a llegar el momento en que el término meteoride no tenga sentido. En los últimos dos años se ha reanudado la discusión para definir los términos meteoríticos de manera más acertada. En este trabajo presentaremos algunas opciones alternativas basadas, no en el tamaño del objeto, sino en parámetros físicos más significativos. [1] Newton H. A. Am. J. Sci. 39, 193 (1865). [2] Beech, M. y Steel, D., Q., J. R. Astr. Soc. 36, 281-84 (1995). [3] Rubin, A. y Grossmann, J, Meteoritics and Planetary Science 45 No.1, 114-122 (2010).

SE09-9 CARTEL

TERMÓLISIS DE DL-ALANINA. IMPORTANCIA EN AMBIENTES PRIMITIVOS

González López Lucía Adriana¹, Colín García María², Negrón Mendoza Alicia³ y Ortega Gutiérrez Fernando²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
³Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
lucia.gonzalez@correo.nucleares.unam.mx

Algunos autores sugieren que la síntesis prebiótica de los aminoácidos pudo haber sido tanto endógena como exógena; lo cual es importante resaltar en estudios de química prebiótica. Si se hace referencia a la síntesis endógena, ésta podría haberse dado por la acción de varias fuentes de energía, incluyendo la térmica, las ondas de choque, la radiación UV o la gamma que pudieran haber desencadenado reacciones químicas. En los ambientes hidrotermales una de las fuentes principales de energía es la térmica. A pesar de que es controversial plantear que una molécula orgánica es estable en las condiciones de un sistema hidrotermal (en especial frente a temperaturas altas), aminoácidos como la glicina, la alanina y la serina han sido utilizados en experimentos en los que se ha probado la estabilidad, así como la síntesis de estas moléculas en escenarios hidrotermales. En este trabajo se estudió la termólisis de DL-alanina (DL-Ala) a dos temperaturas distintas y se analizó su estabilidad. De acuerdo a los resultados observados, se empleó una técnica colorimétrica (Biuret) para determinar si entre las moléculas que se producen por la termólisis se forman compuestos más complejos que incluyan la formación de enlaces tipo amida. De manera preliminar, podemos decir que la alanina es un aminoácido muy estable sometido a condiciones de altas temperaturas empleadas en este trabajo. Así, el estudio de la alanina nos sugiere a ampliar el conocimiento y plantear nuevas hipótesis del camino que pudo tener la evolución química en la Tierra primitiva. Agradecimientos: Proyecto PAPIIT No. IA203217. DETERMINACIÓN DEL PAPEL DE ROCAS ANTIGUAS COMO CONCENTRADORAS DE MOLÉCULAS RELEVANTES EN QUÍMICA PREBIÓTICA.

SE09-10 CARTEL

ESTABILIDAD DE DOS AMINOÁCIDOS SOMETIDOS A CONDICIONES EXTRATERRESTRES Y SU RELEVANCIA EN QUÍMICA PREBIÓTICA

Lerin Morales Karen Melissa¹, Colín García María², Ortega Gutiérrez Fernando² y Negrón Mendoza Alicia³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
³Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México
karen.lerin@correo.nucleares.unam.mx

Los cuerpos extraterrestres (cometas, meteoritos y partículas de polvo interplanetario) han sido propuestos como fuentes de compuestos orgánicos para la Tierra primitiva. Desde su formación han estado expuestos a altas temperaturas, radiación UV y radiación ionizante en forma de rayos cósmicos. Estas fuentes

de energía pudieron promover la transformación de moléculas orgánicas simples en otras más complejas. Los meteoritos tipo condritas carbonáceas son las más relevantes para estudios de origen de la vida por su alto contenido de carbono. Aunque el carbono presente está en diferentes formas, la mayor parte está en forma de materia orgánica. A través del análisis de muestras recuperadas de condritas carbonáceas, se ha podido comprobar que una fracción de la materia orgánica que poseen contiene compuestos de importancia para la química prebiótica. Entre estos compuestos se encuentran los aminoácidos, ácidos carboxílicos y bases nitrogenadas. En este trabajo se quiere resaltar la importancia de los ambientes espaciales (meteoritos) en la descomposición y la formación de compuestos orgánicos. En específico de los aminoácidos glicina y alanina que han sido detectados en meteoritos. Se consideran dos aspectos: la dosis de radiación ionizante (radiación gamma) y algunos de los minerales presentes en las condritas carbonáceas (arcillas y olivino). El método experimental consiste en irradiar a los aminoácidos adsorbidos en minerales y comprobar su estabilidad. Además se identificarán algunos compuestos orgánicos relevantes para química prebiótica formados durante la irradiación.

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 Pardo

SE10-1

VARIABILIDAD ESTACIONAL DE NUTRIENTES EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO (POLÍGONO PERDIDO)

Juárez Fonseca Miryam, Medina Israel, Aguilar Trujillo Ana, Cruz Giuliana, Osorio-Moreno Iliana, Morales Sara y Herrera-Silveira Jorge A.
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV-IPN Mérida
miryam.juarez@cinvestav.mx

El ecosistema del Golfo de México (GM) es un área con una gran diversidad ecológica y económica, también es una de las más expuestas a los desastres medioambientales debido a las intensas actividades económicas que se realizan en sus aguas, por la industria de extracción de hidrocarburos y la extracción pesquera de recursos biológicos. Esta característica ha motivado el interés científico por el conocimiento del comportamiento ecológico de sistemas costeros y pelágicos que lo componen. Este estudio forma parte del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), cuyo objetivo general es establecer una línea base de variables claves oceanográficas, biogeoquímicas y ecológicas, para evaluar adecuadamente el impacto al medio ambiente por un derrame de petróleo de gran escala en el Polígono Perdido; para ello se realizaron dos campañas oceanográficas, PERDIDO-01 (PERD1) y PERDIDO-02 (PERD2) en mayo y octubre de 2016 respectivamente, abarcando la plataforma continental y cuenca oceánica mediante de una red de 27 estaciones con diferentes niveles de profundidad. En las dos campañas oceanográficas se observó un patrón general de concentraciones mínimas de nutrientes en capas superficiales como resultado de asimilación biológica, y un incremento de las mismas en función de la profundidad para $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ y PO_4^{3-} . La distribución vertical de silicatos fue opuesta en ambas campañas, en PERD1 las concentraciones incrementaron con la profundidad ($\# 14 \mu\text{M}$ a 450 m); en PERD2 se observaron concentraciones homogéneas variando en un intervalo de $3\text{--}7 \mu\text{M}$ en toda la columna de agua. Asimismo se registró mayor concentración de clorofila-a (C1-a) en PERD1 ($1.37 \pm 0.82 \text{ mg m}^{-3}$) vs PERD2 ($0.33 \pm 0.21 \text{ mg m}^{-3}$). Los resultados del índice TRIX que permite evaluar el estado trófico de aguas marino-costeras, muestra que la condición cambió temporalmente, extendiéndose la condición oligotrófica de PERD1 a PERD2. La circulación del GM está dominada por la corriente de Lazo, asociada con giros ciclónicos y anticiclónicos; estos procesos físicos afectan la abundancia y distribución de nutrientes y por ende la concentración de C1-a, lo cual es coincidente con lo observado en PERD1. Agradecimientos: esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), financiada por el Fondo Sectorial CONACYT - SENER - Hidrocarburos, proyecto 201441.

SE10-2

NUTRIENTES INORGÁNICOS DISUELTOS EN AGUAS DE LA REGIÓN PROFUNDA DEL GOLFO DE MÉXICO

Camacho-Ibar Víctor F., Valencia-Gasti J. Augusto, Hakspiel Cristian, Lee Sánchez Erika, Ávila López Ma. Carmen y Muñoz Anderson Mauricio
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
vcamacho@uabc.mx

Se presentarán resultados de un estudio encaminado a establecer la línea base de los nutrientes inorgánicos disueltos nitrato+nitrato ($\text{N} + \text{N}$), fosfato (PO_4) y ácido silícico (H_4SiO_4) en aguas mexicanas de la región profunda del Golfo de México (GoM), realizado en el contexto del proyecto "Implementación de redes de observaciones 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". Se discutirá cómo los procesos de mesoescala modulan las concentraciones en la capa superior del océano ($< 150 \text{ m}$), observándose menores concentraciones integradas en remolinos anticiclónicos desprendidos de la Corriente de Lazo y mayores concentraciones integradas en remolinos ciclónicos. También se discutirá cómo el origen de las masas de agua determina las concentraciones en aguas intermedias y profundas, observándose los valores máximos de $\text{N} + \text{N}$ y PO_4 alrededor del núcleo del Agua Antártica Intermedia (entre $600\text{--}800 \text{ m}$ de profundidad) en tanto que el máximo de H_4SiO_4 se observa alrededor de los 1000 m . Se discutirá el uso del trazador geoquímico N^* para evidenciar la entrada de N nuevo por fijación de N_2 y se explorará el posible uso del parámetro Si^* como trazador de masas de agua intermedias y profundas.

SE10-3

FUENTES DE VARIACIÓN DE NUTRIENTES INORGÁNICOS Y CLOROFILA-A EN CABO CATOCHE (CC), EN LA FRONTERA ORIENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO (GOM)

Medina Israel, Aguilar Trujillo Ana, Cruz Giuliana, Juárez Fonseca Miryam, Osorio-Moreno Iliana, Morales Sara, Mariño Tapia Ismael y Herrera-Silveira Jorge A.
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
imedgomez@gmail.com

Se analizaron las fuentes de variación de nitrógeno inorgánico, fosfato y silicato en la plataforma continental de la Península de Yucatán, con énfasis en la región

de CC, en la frontera oriental del GoM, reconocida por experimentar eventos de surgencia. Además de abordar las consecuencias químicas de la surgencia en CC, se exploraron las implicaciones biológicas (biomasa de fitoplancton) de este fenómeno oceanográfico contrastando dos cruceros realizados en condiciones de ausencia (GOMEX-4: noviembre de 2015) y de presencia (GOMEX-4: 24 de agosto a 8 de septiembre de 2016) de ascenso de masas de agua profunda. El perfil de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ indica que el fitoplancton está utilizando el aporte vertical de nutrientes inorgánicos hacia la capa eufótica de CC. Dicho aporte es rápidamente removido de capas superficiales para el crecimiento de fitoplancton, lo cual se hizo patente en el máximo de C1-a ($\#5 \text{ mg/m}^3$) correlacionado con un mínimo de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ en la capa de 20 m para un área delineada por la isoterma de 22.5°C , equivalente al afloramiento de agua profunda. El punto de máxima concentración de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ($12.11 \mu\text{M}$) en GOMEX-5 se registró a unos metros (150 m) por arriba del mínimo de oxígeno (157 m). El comportamiento de estos nutrientes contrastó con el esperado para una profundidad donde las aguas suelen presentar escaso oxígeno disuelto y el uso de otros aceptores de electrones para la oxidación bacteriana de C orgánico (nitrato) es favorecido. De hecho, concentraciones de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ de $27 \mu\text{M}$ ascendiendo a una capa de $\#25 \text{ m}$ indican una condición opuesta a tal deficiencia, apoyando la presencia de una estructura vertical influenciada por la advección de agua profunda. La mezcla vertical bajo condiciones de vientos del N-NW (nortes) y ausencia de surgencia durante GOMEX-4 estableció un perfil de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ más homogéneo en la región de CC, con un pico de concentración relativamente somero y moderado (12 m y $1.2 \mu\text{M}$, respectivamente). El perfil de SiO_4 durante nortes no indica un efecto aparente de la mezcla por viento, en concordancia con reportes sobre variaciones en su concentración gobernadas por la densidad. Este estudio permitió valorar la importancia del aporte del nitrato "nuevo" al pool de N para el fitoplancton que se desarrolla a partir de la pluma de surgencia, abriendo el sub-sistema de producción primaria que de otro modo estaría sustentado preferencialmente en formas reducidas como fuente primordial de N, permaneciendo por lo tanto ligado al reciclaje/regeneración de materia orgánica y capacidad limitada para un incremento neto de la población fitoplanctónica. Se discute que el análisis de las variaciones cíclicas del $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ en la región de CC derivadas de la periodicidad de los eventos de surgencia en conjunto con la evaluación del insumo costero estacional (lluvias y descargas de agua subterránea), brindaría un esquema para evaluar no sólo los patrones que sigue el ciclo de nutrientes inorgánicos en la zona, sino también el de la transferencia de energía a niveles tróficos superiores en la plataforma yucateca.

SE10-4

TRANSPORTE VERTICAL DE NUTRIENTES POR EFECTOS DE SUBMESOESCALA EN UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Estrada Allis Sheila Natali¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos² y Sheinbaum Julio¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²MetOcean
sheila@cicese.mx

La captura de nutrientes por el fitoplancton se logra una vez esos nutrientes (en este caso estudio nitratos y amonio) alcanzan la capa eufótica. En términos físicos, este proceso no solo se ve favorecido por capas de mezcla profundas capaces de alcanzar y erosionar la nutriclina permitiendo el transporte de nutrientes hacia capas más superficiales, sino también por fuertes velocidades verticales que permiten la recirculación vertical de nutrientes. Es conocido que los efectos ageostrofróicos derivados de la submesoescala influyen en el aumento de la velocidad vertical. Estudios recientes indican que las celdas de circulación secundaria ageostrofróica se concentran en los bordes de remolinos y dentro de la capa de mezcla, favoreciendo la recirculación de nutrientes entre la capa de mezcla y la picnoclina. Sin embargo, otros estudios muestran que resoluciones menores provocan una disminución de la capa de mezcla por efecto de la reestratificación. Este estudio se centra en un remolino anticiclónico de la Corriente del Lazo en el Golfo de México. Con el fin de permitir los procesos de submesoescala se alcanzó una resolución espacial de 1 km , focalizado en el remolino mediante un proceso de anidado numérico. Las variables biogeoquímicas analizadas son principalmente nitratos, clorofila, fitoplancton y zooplancton. Se analiza su evolución temporal y espacial en términos de capa de mezcla y nutriclina.

SE10-5

VARIACIONES EN TEMPERATURA Y CLOROFILA SATELITAL DE 1 KM EN EL GOLFO DE MÉXICO: DESDE LA ESCALA DIARIA A LA INTERANUAL

Cepeda Morales Jushiro¹, Rivera Caicedo Juan Pablo², Pacheco Enrique³, Soto Mardones Luis⁴ y Ocampo Torres Francisco Javier⁵
¹Universidad Autónoma de Nayarit, UAN
²Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C.
³Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C.
⁴Universidad del Bio Bio
⁵CICESE
jushirocm@gmail.com

Para evaluar el impacto de la explotación de hidrocarburos en los ecosistemas oceánicos y costeros del Golfo de México es necesario la estimación de la línea base

de las principales variables oceanográficas medidas desde sensores remotos. El presente trabajo realiza la caracterización de la variabilidad desde cambios diarios, estacionales hasta interanuales de la biomasa del fitoplancton estimada como la concentración de Clorofila-a (Cla) y la temperatura superficial del mar (TSM). El análisis de Cla se basa en datos diarios de nivel L2 a una resolución espacial de 1 km de los sensores MODIS (moderate-resolution imaging spectroradiometer) AQUA y TERRA con los cuales se generó una serie temporal compuesta para el período de 2002 a 2017. Los datos de TSM se tomaron del producto diarios de MUR del GHRSSST Level 4. Para el período de estudio (2002 al 2017) Cla fue estimada con ambos sensores MODIS, se analizó el impacto de la configuración espectral y los algoritmos de estimación de cada sensor sobre la serie temporal por medio de un análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis no presentan diferencias significativas por lo que se procedió a generar un producto combinado diario. Para caracterizar la variabilidad estacional se evaluó espacialmente el método de ajuste armónico del ciclo estacional y se calcularon los valores promedios climatológicos mensuales. Los resultados del ajuste armónico de Cla tuvo bajos valores de varianza explicada en la zona costera (<50%), mientras que la región oceánica presentó altos valores de varianza explicada (>70%). TSM es un producto nivel L4 de 1 km de píxel diarios. Se calcularon los valores promedios mensuales climatológicos. El ajuste armónico del ciclo estacional para TSM presentó altos valores de varianza explicada en todo el golfo (>90%). Existe una marcada diferencia espacial en el ciclo estacional de Cla, en contraste con TSM. El análisis interanual evidenció que para los inviernos se presenta una tendencia hacia un aumento de la concentración de Cla en periodos cálidos. Se observó una importante influencia de las cuencas hidrográficas en la variabilidad de Cla en la zona costera, evidenciando la importancia de la interacción continente océano en la productividad primaria del fitoplancton.

SE10-6

MODELADO DE LA INFLUENCIA DE LOS RÍOS EN LA DINÁMICA DE PRODUCCIÓN PRIMARIA 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

En el presente estudio se utilizó el modelo de circulación ROMS AGRIF para simular procesos físicos y biogeoquímicos en el Golfo de México durante el periodo 1993-2013. Se modificó e implementó el modelo biogeoquímico N2PZD2 que emplea dos variables de nutrientes funcionales (nitrato [NO₃] y amonio [NH₄]) y dos clases de detritos (grandes y pequeños). Se agregaron una condición de frontera en el fondo y un módulo que resuelve la ecuación de oxígeno y que permite localizar espacial y temporalmente mínimos del mismo en zonas de alta concentración de nutrientes. El modelo fue forzado con promedios y climatologías mensuales de GLORYS, COAD y esfuerzos del viento cada 6 horas derivados del NCEP-CFSR. Como forzamiento para el modelo biogeoquímico se utilizaron climatológicas mensuales de NO₃, NH₄ y O₂ del WOA 2013. Se utilizaron también los datos diarios de 24 ríos (caudal, nutrientes y temperatura del agua) para los ríos mexicanos de Ramírez et al., y los ríos de Estados Unidos del USGS y el US Army Corps of Engineers. Fue posible reproducir los principales procesos físicos así como el ciclo anual de la dinámica de producción primaria en el Golfo de México. Las concentraciones y profundidades del máximo de clorofila en distintas épocas del año son coherentes con datos de imágenes satelitales de color superficial del océano (SeaWiFS, MODIS-Aqua) y datos de perfiles de fluorescencia reportados por (Lorentz et al 2017). Así mismo, se reprodujeron los mínimos de oxígeno con una extensión y concentración de oxígeno similar a lo reportado según datos observados, principalmente cerca de la desembocadura del río Mississippi frente a las costas de Texas. Se presentan algunos de estos resultados con un énfasis en el análisis de la influencia de los ríos en la variabilidad estacional de la dinámica de clorofila y oxígeno.

SE10-7

THE PARADOX OF CHLOROPHYLL IN LOOP CURRENT EDDIES

Damien Pierre¹, Sheinbaum Julio¹, Pasqueron de Fommervault Orens², Jouanno Julien³ y Duteil Olaf⁴

¹CICESE

²ALSEAMAR-ALCEN

³LEGOS

⁴GEOMAR

pdamien@cicese.mx

The Loop Current episodically sheds anticyclonic eddies (LCEs) that constitute the most energetic mesoscale feature within the Gulf of Mexico (GoM). Along with the seasonal cycle, they dominate the surface chlorophyll variability inferred from ocean color satellite imagery. The negative surface chlorophyll anomaly associated with the core of these eddies is usually analysed as a low biomass content. Furthermore, this interpretation is consistent with the depletion of nutrients within anticyclones. However, recent in-situ measurements revealed that the surface chlorophyll variability is not necessarily representative of the total biomass variability in the deep part of the GoM. In this context, it is worthwhile to reinvestigate the role of LCEs in modulating the phytoplankton biomass. Using a coupled

physical-biogeochemical model, calibrated with the most recent observations within the GoM, we conduct an LCEs-centric analysis. This investigation reveals that LCE interiors are associated with a phytoplankton biomass positive anomaly most of the year. This paradoxical situation could have important implications for the ecosystem functioning of the deep basin. We discuss the physical-biogeochemical interactions developing at mesoscale in LCEs that lead to this behaviour.

SE10-8

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL SISTEMA DEL CO₂ EN LA PLATAFORMA DE YUCATÁN

Barranco Linda¹, Hernández Ayón José Martín¹, Herrera-Silveira Jorge A.², Pech-Pool Daniel³, Aguilar Trujillo Ana² y Herguera Juan Carlos⁴

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO-UABC

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN (Unidad Mérida)

³El Colegio de la Frontera Sur (Unidad Campeche)

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
linda.barranco@gmail.com

Con el objetivo de caracterizar la distribución espacial y temporal de las variables del sistema del carbono en la Plataforma de Yucatán, se realizó este trabajo como una primera aproximación al entendimiento de la dinámica del ciclo del carbono en la región, así como de los procesos físicos y/o biológicos que lo controlan. A partir del análisis de muestras discretas de agua de mar se obtuvo el carbono inorgánico disuelto (CID), el pH, alcalinidad total (AT) y #13C; las muestras fueron tomadas en dos cruceros oceanográficos realizados en noviembre del 2015 y agosto-septiembre 2016, a dos diferentes niveles de profundidad: superficie (#5 m) y fondo (profundidad máxima de la estación). De manera adicional, se analizaron los perfiles de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto obtenidos a partir de lances de CTD. Los resultados sugieren dos escenarios: 1) durante el crucero de noviembre del 2015, se observó una plataforma con mayores concentraciones de CID (hasta 2500 µmol/kg) y AT (#2460 µmol/kg) y valores bajos de pH (hasta 7.2 protones totales) en un gradiente costa-océano con valores más altos asociados a la costa, producto de la entrada de aguas subterráneas y el efecto del cambio del patrón de vientos (presencia de "Nortes") que se presentaron durante este mes. 2) en el crucero de septiembre-agosto 2016 se observó una plataforma más homogénea con concentraciones bajas de CID y AT (#2010 µmol/kg y #2360 µmol/kg respectivamente), en un gradiente sutil este-oeste con valores más bajos provenientes de la zona este; esto puede resultado de procesos de advección de masas de agua proveniente del Caribe con valores bajos de CID y la contribución de las corrientes dominantes que van en dirección al oeste.

SE10-9

AVANCES EN SIMULACIONES DEL CARBONO USANDO EL MODELO BIOEBUS EN EL GOLFO DE MEXICO

Hernández Ayón José Martín¹, Zirino Alberto², Montes Ivonne³, Sudre Joel⁴ y Tanahara Sorayda⁵

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC-IIO

²Scripps Institution

³Instituto Geofísico de Peru

⁴LEGOS-Francia

⁵UABC-FCM

jmartin@uabc.edu.mx

Los modelos son herramientas muy valiosas en el estudio de la dinámica de sistemas, los cuales permiten generar escenarios a partir de observaciones discretas y predecir escenarios en el futuro. También son útiles como herramientas de manejo para evaluar la respuesta y manejo de sitios específicos así como generar escenarios. En este trabajo se trabaja en simular la estructura espacial y vertical, de oxígeno disuelto (OD), nitratos y carbono inorgánico disuelto (DIC) utilizando una estrategia en la que se combinarán: el uso de modelos sencillos, el análisis de datos, y el uso de un modelo hidrodinámico de alta resolución (Regional Ocean Modeling System - ROMS) acoplados a un modelo biogeoquímico (BIOEBUS). En este trabajo se presentan resultados del módulo del carbono (carbono Inorgánico Disuelto) acoplado ROMS-BioEBUS bajo condiciones climatológicas. Se optó por simular una región pequeña del Golfo de México que abarca la región profunda con una resolución de 1/12. En esta etapa se compara las salidas del modelo con los datos medidos en cruceros XIXIMI's con datos de CARS y WOA. En esta etapa de implementación y valoración del módulo del carbono resultó conveniente y con ella se generaron las primeras simulaciones con esta variable biogeoquímica.

SE10-10

VARIACIONES ESPACIO TEMPORALES DEL OXÍGENO DISUELTO EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y SUS POSIBLES CONTROLES

Quintanilla Terminel José Gerardo, Herguera Juan Carlos y Ferreira Vicente
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
josegqt@gmail.com

En el presente estudio examinamos las variaciones del oxígeno disuelto en la región del golfo de México con datos obtenidos durante cinco campañas oceanográficas

(XIXIMI 2 a 6 del 2011 al 2017). El agua que fluye por el canal de Yucatán presenta un perfil vertical de oxígeno con pocas variaciones durante los seis años de estudio, con un máximo local subsuperficial promedio de 160 $\mu\text{mol kg}^{-1}$, característico de la masa de agua de los 18 grados en el Caribe y un mínimo de oxígeno promedio de 110 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ en las aguas provenientes del Atlántico Sur. Dentro del golfo nos enfocamos en tres profundidades de interés en la columna de agua. La termoclina estacional en la que se observa un aumento en la concentración de oxígeno en comparación con el agua muestreada en el canal de Yucatán, producto de la ventilación durante la mezcla de invierno dentro del golfo. El mínimo de oxígeno, donde la concentración de oxígeno disminuye por respiración hacia el Este y hacia el Sur del golfo hasta alcanzar un mínimo promedio de 105 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ en la bahía de Campeche. El oxígeno en esta profundidad muestra una baja variación temporal siendo XIXIMI 6 el crucero en el que se midió la concentración más baja de 103.92 $\mu\text{mol kg}^{-1}$. La masa de agua de los 18 grados, donde se observa el mayor consumo de oxígeno dentro del golfo. El máximo local de oxígeno observado en el canal de Yucatán disminuye dentro del golfo por procesos de oxidación de materia orgánica hasta alcanzar concentraciones menores a 120 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ en algunas estaciones. Sin embargo, el consumo neto observado en esta masa de agua es muy variable entre cruceros y puede deberse a la variabilidad en el flujo de entrada de aguas del Caribe.

SE10-11

COMPARACIÓN DE LA BIOMASA DE PICOPLANCTON DURANTE TRES ÉPOCAS DE VERANO EN LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Linacre Rojas Lorena Patricia¹, Durazo Reginaldo², Lara Lara Rubén¹, Mirabal Gómez Uriel¹ y Bazán Guzmán Carmen¹

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

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC
llinacre@cicese.mx

Las poblaciones del picoplancton constituyen importantes componentes microbianos de las comunidades planctónicas y juegan un papel importante en los ciclos biogeoquímicos marinos de los ecosistemas oligotróficos, tales como el Golfo de México (GM). Durante tres épocas de verano en la región mexicana profunda del GM, se realizaron los cruceros oceanográficos XIXIMI-4 (27 agosto -16 septiembre 2015), XIXIMI-5 (10-25 junio 2016) y XIXIMI-6 (18 agosto - 10 septiembre 2017), en los cuales se colectaron muestras de agua de mar del estrato superficial (0-150 m) de la columna de agua, para caracterizar la abundancia y estimar la biomasa en términos de carbono ($\mu\text{gC l}^{-1}$) de las poblaciones pico-autotróficas: *Prochlorococcus* (PRO), *Synechococcus* (SYN) y Pico-Eucariontes (PEUK), como de bacterias heterotróficas (HB). La biomasa promedio de picoplancton total ($\pm$ error estándar) para toda el área de estudio fue de 11.34 (± 0.57), 17.23 (± 0.67) y 16.67 (± 0.67) $\mu\text{gC l}^{-1}$ para XIXIMI-4, XIXIMI-5 y XIXIMI-6, respectivamente. Durante las tres temporadas, HB fue el componente de mayor biomasa picoplanctónica, aunque su porcentaje relativo respecto al de las poblaciones autotróficas (PRO+SYN+PEUK), fue variable entre cruceros. Durante XIXIMI-4, el 65% de la biomasa total de picoplancton fue aportada por HB, mientras que su contribución fue disminuyendo hacia los cruceros XIXIMI-5 (59%) y XIXIMI-6 (52%). Este cercano balance entre las biomásas de poblaciones autotróficas y heterotróficas durante XIXIMI-6, ya había sido observado previamente en la región de estudio durante condiciones invernales, atribuido posiblemente a la dinámica de mesoescala que modula las condiciones físico-químicas en la capa superficial de este ecosistema. De las tres poblaciones autotróficas, PRO fue el productor primario con una contribución mayor al 70% del total de la biomasa pico-fitoplanctónica en las tres épocas, reflejando el importante aporte de este componente microbiano en el ecosistema pelágico del GM. En cuanto a la distribución vertical, las poblaciones de procariontes autotróficos (PRO y SYN) y heterotróficos (HB), se localizaron preferentemente en la capa de mezcla (<50 m) durante los tres veranos, mientras que las poblaciones de PEUK, mostraron una distribución de biomasa más profunda (~50-100 m), y aparentemente asociada al máximo profundo de fluorescencia de este ecosistema. El patrón de distribución vertical observado en el pico-fitoplancton, manifiesta las diferencias nutricionales y de luz que son requeridas por las poblaciones autotróficas para su óptimo crecimiento. Las poblaciones de HB, mantienen una distribución aparentemente acoplada al patrón vertical registrado por el pico-fitoplancton, quizás porque estas poblaciones están sosteniendo el crecimiento bacteriano (fuente de COD), y consecuentemente, podría esperarse una mayor remineralización de nutrientes inorgánicos que estarían estimulando el crecimiento de pico-fitoplancton. Nuestras observaciones contribuyen al mayor entendimiento de este ecológica y económicamente importante ecosistema, considerando más aún el pronóstico de un incremento de las poblaciones autotróficas más pequeñas ante un escenario de un océano más cálido con profundas implicaciones en la biogeoquímica de los océanos.

SE10-12

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ESTIMADA EN RAZÓN CLOROFILA A: CARBONO EN LA REGIÓN PROFUNDA DEL GOLFO DE MÉXICO (2000-2018)

Mirabal Gómez Uriel, Mercado Santana José Alfredo, Linacre Rojas Lorena Patricia y Lara Lara Rubén
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
umirabal@cicese.edu.mx

Se estudió la variabilidad de la productividad primaria (PP) en la región profunda del Golfo de México (RPGoM) en función del modelo de productividad primaria basado en la razón Clorofila a vs carbono orgánico particulado (Cla:C) (CbPM: Westberry et al. 2008). Nos basamos en la regionalización propuesta en Damien et al. (2018). Para cada región se estimó la razón Cla:C satelitales. Se seleccionó un cuadrante de 27 x 27 Km como representativo de cada región y de este se estimaron las anomalías de series de tiempo de la productividad primaria neta (NPP). Lo anterior, con el objetivo de estudiar la variabilidad de la PP durante 18 años y probar si existen diferencias en las 3 regiones propuestas en Damien et al. (2018). Se estimó la climatología mensual por región de PP, Cla y TSM. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas en las regiones 3 y 2 con relación a la PP estimada con el modelo CbPM, pero si con la estimación de la región 1 mayor a 0.5 mg C m⁻² d⁻¹. El análisis de la climatología de la PP mostró que los meses de noviembre a febrero fueron los meses más productivos RPGoM, lo anterior se ha atribuido al aporte de nutrientes nuevos por la capa de mezcla. Se realizó un análisis comparativo con las estimaciones del modelo tradicional VGPM (basado en Cla) y las estimaciones de CbPM. Los resultados mostraron que existen diferencias significativas entre las dos estimaciones y que las estimaciones del modelo CbPM evidencian los cambios particulares de cada región.

SE10-13

DESCUBRIENDO LA MICROBIOTA DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE SUS METAGENOMAS

Lago Lestón Asunción, Sidón Ceseña Karla, López Haydee, Chong Robles Jennyfers, Magdaleno Moncayo Dante y Covarrubias Briceida
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
alago@cicese.mx

El Golfo de México (GdM) es una cuenca oceánica caracterizada tanto por aguas someras como por áreas de aguas profundas que pueden alcanzar los 4000 m. Aunque ya existen algunos estudios que describen la diversidad biológica de la microbiota del GdM muy pocos involucran comunidades microbianas de los sedimentos o de la columna de agua procedente de la zona más oceánica. Además la mayoría de estos estudios se concentran principalmente zona norteamericana y son prácticamente inexistentes en la parte mexicana. Con el fin de establecer una línea de base de la diversidad de microorganismos y caracterizar por primera vez la abundancia y distribución de la microbiota, tanto procarionta como eucariota, que habita en zona económica exclusiva mexicana, se colectaron más de 200 muestras durante las campañas oceanográficas XIXIMI-04, XIXIMI-05 y XIXIMI-06. Todas las muestras colectadas fueron analizadas molecularmente. Se extrajo el ADN total de cada muestra, se amplificó la región específica y taxonómicamente informativa del gen del ARN ribosomal y se secuenciaron mediante la tecnología Illumina, utilizando el secuenciador MiSeq que tenemos en CICESE. Nuestros resultados muestran, entre otras cosas: una abundancia inusual de arqueas en sedimentos no reportada hasta la fecha, que el fitoplancton está dominando por los dinoflagelados y por el picofitoplancton, y que la abundancia de procariontes en el agua es mucho más alta de lo que se creía, tanto en las aguas profundas como en los sedimentos.

SE10-14

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE LARVAS DE PECES DE TAXONES NERÍTICO-COSTEROS EN RELACIÓN A PROCESOS DE TRANSPORTE ENTRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y LA ZONA DE AGUAS PROFUNDAS DE LA REGIÓN DE PERDIDO DEL GOLFO DE MÉXICO

Cano Comparé Jesús¹, Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia Adelheid², Rodríguez Outerelo Javier¹, Pérez Brunius Paula¹, Echeverri García Laura del Pilar¹ y Herzka Sharon¹

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

²Instituto Politécnico Nacional- CICIMAR
jcanocompare@cicese.mx

En los sistemas marinos las etapas tempranas del ciclo de vida de los peces están influenciadas por procesos físicos de transporte que operan en diferentes escalas y que juegan un papel fundamental en los patrones de distribución, ya que influyen sobre su retención y dispersión. El objetivo de este trabajo es analizar el origen de las larvas de peces de taxones nerítico-costeros colectadas en la zona de aguas profundas de la región de Perdido del golfo de México para evaluar el nivel de conectividad entre el borde de plataforma y la zona de aguas profundas. La recolección de muestras ictioplancton se realizó mediante arrastres con una

red neuston (0-10 m) durante cuatro cruceros oceanográficos (junio y octubre de 2016; abril y noviembre de 2017). En cada crucero se cubrieron dos transectos desde la plataforma continental hasta la zona de aguas profundas. Debido a lo escarpado del talud continental en esta región, se consideraron como estaciones oceánicas (neríticas) aquellas que se encontraban en zonas donde la profundidad de la columna de agua fue superior (inferior) a 1000 m (200 m). Se identificaron larvas de peces de 50 taxones de especies consideradas como costero-neríticas (según el hábitat de los adultos) en las estaciones oceánicas, lo cual es indicativo de transporte desde la plataforma hacia la zona de aguas profundas. Para caracterizar el origen de las larvas, se utilizaron modelos hidrodinámicos de alta resolución, que han sido utilizados previamente para simular el transporte y dispersión de partículas en el océano. El modelo HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) provee de información confiable para la simulación de trayectorias lagrangianas de partículas en la transición entre aguas neríticas y oceánicas, por lo cual en este estudio, se está realizando un procedimiento de integración de partículas hacia atrás en el tiempo para determinar la procedencia de las larvas de peces (consideradas como partículas pasivas). La simulación consiste en el lanzamiento de partículas en pequeñas regiones distribuidas homogéneamente a lo largo de los transectos de muestreo correspondientes a las diferentes estaciones de muestreo. En base al análisis combinado de la distribución de las larvas de peces recolectadas durante las campañas y los resultados de las simulaciones del modelo hidrodinámico se presentarán resultados preliminares sobre los patrones de dispersión y conectividad del ictioplancton de taxones nerítico-costeros en la región de Perdido con otras zonas del golfo de México.

SE10-15

RESTRICCIONES FÍSICAS EN LA CONECTIVIDAD BIOLÓGICA EN EL GOLFO DE MÉXICO

Olascoaga María Josefina
RSMAS - University of Miami
jolascoaga@rsmas.miami.edu

Utilizando más de veinte años (1994-2017) de trayectorias de boyas de deriva de superficie, recientemente se ha construido una geografía dinámica lagrangiana del océano superficial del Golfo de México. La geografía tiene provincias que interactúan débilmente, lo cual limitan la conectividad física entre lugares distantes en el Golfo. Aquí investigamos las implicaciones de estos resultados para la conectividad biológica en golfo, comparando la abundancia, la peculiaridad y la riqueza de las comunidades de peces en estas provincias.

SE10-16

RESILIENCIA DE LAS POBLACIONES DE PECES A HIDROCARBUROS POLIAROMÁTICOS

Gracia Adolfo¹, Murawski Steven A.², Alexander-Valdés Héctor M.¹,
Vázquez-Bader Ana Rosa¹, Snyder Susan¹, López-Durán Itzel M.¹,
Pulster Erin¹, Ortega-Tenorio Patricia¹ y Frausto-Castillo José Antonio¹

¹Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²University of South Florida
gracia@unam.mx

El contenido de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos de músculo de peces colectados con palangre y redes de arrastre en la plataforma continental y aguas profundas del Suroeste del Golfo se analizó y relacionó con el estado de las gónadas y del hígado determinado mediante estudios histopatológicos. Las mayores concentraciones de HAP en músculo se registraron en tres áreas relacionadas con la explotación petrolera, chapopoterías y el área de influencia (Sur de Veracruz-Yucatán). Los peces muestreados en aguas profundas con redes de arrastre presentaron concentraciones de HAP entre 150-1516 µg/kg con una media de 490 µg/kg. Las mayores concentraciones HAP en músculo de peces de aguas profundas estuvieron asociadas a valores altos de HAP en sedimentos y fueron significativamente más altas que las registradas en guachinango (17-151, $x=59.2$ µg/kg) y mero extraviado (10-157 µg/kg, $x=53.1$ µg/kg). Los cortes histológicos gonadales mostraron que en su mayoría un estado saludable (guachinango y mero extraviado 90%, peces mar profundo 80%, plataforma continental %). En contraste, el hígado de los peces mostraron una alta incidencia de lesiones (plataforma continental 80%, mar profundo 90%, guachinango y mero %). Las concentraciones de HAP en sedimento aparentemente afectan el estado del hígado de los peces, aunque otros factores también pueden intervenir (plaguicidas, pesticidas, metales, parásitos, etc.). La condición hepática de los peces puede verse impactada por eventos crónicos y episódicos de exposición a altos niveles de HAP. La condición gonádica no se ve afectada de la misma forma. Se discute el efecto en el potencial reproductivo y la resiliencia de las poblaciones de peces a las concentraciones de HAP en el Golfo de México.

SE10-17

USO DE MARCAS SATELITALES Y MODELOS DE NICH ECOLÓGICO PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DEL ATÚN ALETA AMARILLA (THUNNUS ALBACARES) A DERRAMES DE PETRÓLEO EN AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Ramírez-Mendoza Zurisaday¹, Sosa-Nishizaki Oscar², Fajardo-Yamamoto Arturo², Ramírez-León Mario Rafael¹, Romo-Curiel Alfonsina²,
García-Aguilar María Concepción² y Saldaña-Ruiz Luz Erandi²

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

²CICESE
zramirez@cicese.edu.mx

El atún aleta amarilla (AAA, *Thunnus albacares*) es una especie pelágica cosmopolita altamente migratoria, de aguas tropicales y subtropicales. En el golfo de México (GOM), AAA es la especie más importante para la pesquería comercial con palangre de México. Debido a su jerarquía tanto ecológica como pesquera, en la línea 2 del CIGOM hemos utilizado al AAA para desarrollar la metodología de evaluación de la vulnerabilidad de las especies pelágicas de peces ante escenarios de derrames de petróleo originados a alta profundidad. Primero, aplicamos la aproximación del método de nicho ecológico, que usa los datos de la presencia de AAA y variables ambientales asociadas, para desarrollar un modelo de máxima entropía (MAXENT) para determinar la distribución potencial del AAA. Las variables ambientales usadas fueron la batimetría, la pendiente, la concentración de clorofila (máximo, mínimo y promedio) y la temperatura superficial del mar (máximo, mínimo y promedio), que se obtuvieron de bases de datos en línea. Con el objetivo de caracterizar los movimientos horizontales y verticales del AAA, durante junio del 2017 se realizó una campaña de marcaje de AAA en la parte sur del GOM, a bordo de una embarcación pesquera. Se colocaron 10 marcas micro-electrónicas satelitales modelo MiniPat (Wildlife computers), programadas para desprenderse a los 90 días. Actualmente se está realizando la segunda campaña de marcaje, en la cual se espera colocar un total de 15 marcas. Se presentarán los resultados preliminares del marcaje y el proceso para realizar una distribución potencial de las especies en dos capas de profundidad, la cual será la base para estimar la vulnerabilidad de la especie en cada una de las regiones del GOM establecidas para evaluaciones de vulnerabilidad de peces pelágicos a derrames de petróleo. Esta información será incluida en el Atlas del golfo de México, que sintetiza parte de los productos de la línea 2 del CIGOM.

SE10-18

IDONEIDAD DEL HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ODONTOCETOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ramírez-León Mario Rafael, García-Aguilar María Concepción, Sosa-Nishizaki Oscar, Romo-Curiel Alfonsina, Ramírez-Mendoza Zurisaday y Fajardo-Yamamoto Arturo
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
mramirez@cicese.edu.mx

La distribución geográfica de una especie refleja su ecología e historia evolutiva, ésta se determina por diversos factores abióticos y bióticos que operan a distintas escalas temporales y espaciales. En los últimos años, el uso de modelos basados en la relación de la presencia de las especies y sus requerimientos ecológicos se ha incrementado, ya que permiten proyectar la idoneidad del hábitat y subsecuentemente la distribución potencial. En el golfo de México (GM) hay 21 especies residentes de cetáceos: un misticeto (ballenas barbadas) y 20 odontocetos (cetáceos dentados). El objetivo de este estudio fue implementar el modelo de máxima entropía (MAXENT) para determinar la distribución potencial de los odontocetos del GM, evaluando la importancia de las variables ambientales que modulan estas distribuciones. MAXENT requiere dos tipos de insumos: (1) datos de presencia de las especies y (2) variables ambientales. Los primeros se obtuvieron de la literatura y de bases de datos online. En función de la calidad y cantidad de la información, las especies seleccionadas para la evaluación fueron el cachalote (*Physeter macrocephalus*), el calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), la orca falsa (*Pseudorca crassidens*), el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), el delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*), el delfín moteado del Atlántico (*S. frontalis*), el delfín tornillo (*S. longirostris*), y la tonina (*Tursiops truncatus*). Las variables ambientales usadas fueron la batimetría, la pendiente, la concentración de clorofila y la temperatura superficial del mar, las cuales se obtuvieron de bases de datos online. Los modelos se corrieron en la plataforma Wallace y se utilizó el error de omisión del 10% como umbral para generar los mapas de distribución. Como resultados se obtuvo la modelación para cada especie, y se identificaron aquellas variables con mayor nivel de contribución a cada modelo. Los mapas generados se incluirán en el Atlas del GM y servirán como una base para la estimación de la vulnerabilidad de las especies ante escenarios de derrames de petróleo profundos.

SE10-19

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA 3D DE PATRONES DE DISPERSIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Meza-Padilla José Rafael¹, Appendini Christian¹ y Enríquez Ortiz Cecilia²¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros - Instituto de Ingeniería UNAM, LIPC - IINGEN UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM
lipc.jmezap@gmail.com

El arribo de la tecnología offshore para la exploración y explotación de hidrocarburos en mar profundo en México trae consigo mayores retos y riesgos, tanto para su explotación como para la contingencia del mismo en caso de un derrame. Dentro del marco laboral del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), este proyecto ofrece nueva información para entender y actuar en caso de posibles derrames en la región noroccidental del Golfo de México. A una serie de patrones de circulación hidrodinámica previamente establecidos usando mapas auto-organizados, se acoplaron un modelo espectral de oleaje y un modelo de derrame de hidrocarburos para obtener las posibles trayectorias de un derrame. Dentro de la configuración del modelo de derrames, se han considerado distintos procesos de intemperismo y un tipo de crudo intermedio ($22.3^\circ < \text{API} < 31.1^\circ$). Las zonas de posible emisión de crudo se seleccionaron con base en las distintas zonas de exploración publicadas por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) en las distintas rondas de licitación a partir del 2015. Con los resultados obtenidos de la modelación, se ha generado un sistema de búsqueda rápida que permite identificar distintos patrones de dispersión de hidrocarburo en 3D, la probabilidad de ocurrencia y su tiempo de arribo. Esta herramienta, en fase inicial, puede ser adaptada para satisfacer las necesidades de los distintos operadores que llevarán a cabo actividades de explotación en el Golfo de México.

SE10-20

HACIA UN ESQUEMA DE PREDICCIÓN DE DERRAMES DE PETRÓLEO BASADO EN DINÁMICA ALINEAL

Berón-Vera Francisco J.
University of Miami
fberon@rsmas.miami.edu

Dos herramientas de dinámica alineal recientemente perfeccionadas, estructuras inerciales coherentes casi-estacionarias y conjuntos casi-invariantes asintóticos, se combinan para diagnosticar la evolución de derrames de petróleo utilizando información climatológica del estado del océano y de la tasa de decaimiento de crudo dependiendo de su densidad. Estos representan los primeros pasos hacia la construcción de un esquema de predicción.

SE10-21

ESTIMATION OF THE WEATHERING RATES OF OIL SPILLS IN THE MARINE ENVIRONMENTAL

Kotzakoulakis Konstantinos¹, Sheinbaum Julio², Damien Pierre² y Maslo Aljaz²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE

konstantinos.kotzakoulakis@gmail.com

Crude oil spills are complex mixtures containing hundreds to thousands of individual compounds. Their composition and physical properties can vary significantly, and they can contain high amounts of toxic and carcinogenic compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) that are dangerous to humans and other organisms once they are released in the environment. Weathering is a general term for several processes that affect the transport and fate of the oil spill by changing its physical properties and chemical composition. Evaporation, biodegradation and dissolution are the most important processes, since they are responsible for the majority of mass loss. The currently available open source oil spill models either do not include these processes, or they include very basic implementations treating the crude oil as a substance with constant properties. The present work demonstrates how to best utilize all the available experimental data on crude oils from public databases in order to best estimate the initial evaporation, biodegradation and dissolution rates of the oil spill. Additionally, we use a number of tested algorithms to estimate the change of these depletion rates over time while taking into account the specific environmental conditions. To achieve this, the composition of the crude oil has been grouped in a number of pseudo-components based on their fugacity, solubility and bioavailability. Finally, these algorithms are being implemented in the oil spill model in order to estimate, with the highest possible accuracy, the fate of the oil spill and the severity of the impacted locations.

SE10-22

VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA CIRCULACIÓN EN EL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO: MODELACIÓN NUMÉRICA

Gómez-Valdivia Felipe y Parés Sierra Alejandro

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California, CICESE
fgomez@cicese.edu.mx

Mediante la implementación de un modelo numérico con alta resolución, hemos reproducido la dinámica del Golfo de México con énfasis en la región oriental. Nuestra implementación muestra que la dinámica regional se caracteriza por una circulación costera cuya componente estacional es generalmente dominada por la variabilidad del esfuerzo del viento. No obstante, frente las costas de Tamaulipas y Norte de Veracruz, el arribo de giros calidos desprendidos de la Corriente de Lazo induce una energética circulación anticiclónica capaz de inhibir el efecto del viento y generar corrientes costeras hacia el norte cuyo promedio mensual puede rebasar 50 cm/s. Dentro de la Bahía de Campeche, al sur de 21°N , la recurrente manifestación del giro ciclónico de Campeche fortalece el efecto del viento local generando corrientes costeras que viajan hacia el sur-sureste con velocidades cercanas a 20 cm/s.

SE10-23

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS MEANDROS EN EL INTERCAMBIO DE PARTÍCULAS ENTRE LA ZONA PROFUNDA Y SOMERA EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Andrade Canto Fernando¹, García Nava Héctor¹, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos² y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹¹Instituto de investigaciones oceanológicas de la UABC, IIO²MetOcean Solutions New Plymouth, New Zealand
andcanfer@gmail.com

La circulación superficial en el Noroeste del Golfo de México es dominada por la presencia cuasi-permanente de una corriente de frontera que fluye hacia el norte, y que limita el intercambio de partículas entre la zona somera (prof. < 150 metros) y la zona profunda (prof. > 1500m). Existen estructuras de menor escala que inducen cambios en la corriente que permiten un incremento en el intercambio de partículas entre las zonas somera y profunda. Dada la presencia de plataformas petroleras y el inminente incremento de estas en la zona de aguas profundas de la región, es sumamente importante determinar e identificar las estructuras que favorecen el intercambio. Para ello se generó una configuración del modelo numérico ROMS con una resolución espacial de 1.5 km. Se liberó diariamente una nube de partículas, en la parte anticiclónica de la corriente, que se advectó durante 20 días. Los períodos de mayor intercambio se estimaron calculando el porcentaje de partículas que cruzó la isobata de los 150m al término de la integración. Para cuantificar la presencia de meandros, se analizó la deformación de las estructuras coherentes Lagrangianas derivadas de las corrientes simuladas y se creó una métrica heurística para determinarlos. Se determinó que los períodos de mayor arribo de partículas a la zona somera ocurren cuando la corriente presenta meandros definidos y formación de pequeños remolinos.

SE10-24

CARACTERIZACIÓN DE LAS CORRIENTES COSTERAS EN LA ZONA DE PERDIDO (SUR DE TEXAS) A TRAVÉS DE MEDICIONES DE CAMPO

Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia, Domínguez Guadarrama Alejandro, García Nava Héctor, Romero Arteaga Angélica María, López Castillejos Julio y Coronado Méndez César
Universidad Autónoma de Baja California
amaia@uabc.edu.mx

Con el fin de caracterizar la dinámica de las corrientes en la franja costera del sur de Texas (E.E.U.U.), zona de Perdido, se obtuvieron mediciones hidrodinámicas e hidrográficas a lo largo de casi 2 años, y durante una campaña intensiva. Las mediciones de largo periodo fueron colectadas de noviembre de 2016 a septiembre de 2018 a través de 8 perfiladores acústicos Doppler (ADCP) instalados a profundidades de entre 8 y 22 m a lo largo de la franja costera desde Port Aransas hasta Port Isabel. Con estas mediciones se realizó una caracterización de los patrones de las corrientes para diferentes escenarios atmosféricos, que comprenden eventos de Nortes, brisas intensas y huracanes. Además, se determinaron diferencias en estos patrones para distintas condiciones de estructuras de mesoescala, con el fin de entender su influencia sobre la dinámica de las corrientes costeras. Durante las campañas intensivas se colectaron mediciones de ADCP y CTD de forma continua en 3 días (del 22 al 25 de agosto de 2018) en las bocas de Port Aransas y Port Isabel, de forma concurrente. Con estas mediciones se realizó un balance de flujos y se determinó la influencia marina y de aportes continentales en ambas desembocaduras. Estos datos contribuirán a la validación de modelos numéricos que se utilizarán para entender la conectividad de estas corrientes con la circulación costera del norte de Tamaulipas.

SE10-25

**CIRCULATION OVER THE INNER-SHELF OFF
THE SOUTH PADRE ISLAND, TEXAS, USA**Pallàs Sanz Enric¹, Romero Leonel² y Ohlmann Carter³¹Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE²UCSB

epallas@cicese.mx

The variability of the circulation over the inner-shelf off the South Padre Island is investigated with a combination of Eulerian (CTD casts) and Lagrangian (drifters) observations obtained during November 2016 and 2017 over the inner-shelf within 12km from the coast. In absence of atmospheric or larger scale forcing, typical stratification in the inner-shelf is cold and fresh upper layer originated in the Bahía Grande and warm and salty bottom layer (far field oceanic water). On November 8 2016 the passage of a cold front or Norte cooled down the atmospheric temperature by ~5°C resulting in ebb tide outflow through the Port Isabel inlet of fresh but very cold water into the inner shelf. The fresh plume was ~2°C cooler than the well-mixed nearshore waters found the day before. As a result, a retrograde front with isopycnals slope downward towards the coast developed with a jet centered at roughly 8 km offshore on November 12. Light (dense) waters were found nearshore (offshore) driving a geostrophic southward flow in balance with the bottom intensified cross-shelf density gradients. Westward Ekman transport during downwelling regime drove onshore displacement of the outcropping retrograde front. During autumn-2017 experiment the opposite scenario occurred. The prevailing winds were northward (Suradas) favoring upwelling with offshore displacement of the frontal interface. Upwelled water was warm but saltier than that offshore leading to heavy (light) water nearshore (offshore) which triggers a surface intensified geostrophic current northward. The current jet was again centered at 8 km from the shore. We conclude that the inner-shelf off the South Padre Island is controlled by two main modes of along-shelf circulation driven by cross-shelf density gradients in qualitative agreement with the modeled inner-shelf circulation discussed in Austin and Lentz (2002; J. Phys. Oceanogr., 32).

SE10-26

**OBSERVATIONS OF RELATIVE
DISPERSION OVER THE INNER-SHELF**Romero Leonel¹, Ohlmann Carter², Pallàs Sanz Enric³,
Pérez Brunius Paula³ y Aguilar Tepole Nemesis³¹University of California, Santa Barbara, UCSB²UCSB³CICESE

leromero@eri.ucsb.edu

We present an analysis of relative dispersion over the inner-shelf off the coast of South Padre Island under a wide range of wind forcing conditions, including the two main modes: upwelling and downwelling. Rhodamine dye tracer and clusters of water-following drifters drogued at 1 m were used observe the relative dispersion and submesoscale flow kinematics under various environmental conditions in the spring of 2016, fall 2016, and fall 2017. The dye and drifter 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. Patches of rhodamine dye and clusters surface drifters at scales of O(100m) were deployed in a cross-shelf array between 2 and 12 km from the coast in several days. Dye and drifters were tracked continuously over a period of up to 5 hours with airborne and in situ observations. The airborne remote sensing system includes a hyperspectral sensor to track the spatio-temporal evolution of dye patches, infrared imagery to detect submesoscale processes such as fronts and eddies, and a lidar to measure the directional wavenumber spectra of surface waves. Supporting in-situ measurements include CTD with a fluorometer to inform on the stratification and vertical extent of the dye patches and a towed fluorometer for calibration of the dye concentration maps from hyperspectral imagery. Relative dispersion is anisotropic, strongly influenced by wind forcing, density fronts, and Langmuir circulation. Horizontal dispersion is largest along fronts and in conditions dominated by Langmuir circulation is generally larger in the cross-wind direction. Surface convergence at fronts is associated with strong vertical velocities. Dye budget analyses with the hyperspectral data give vertical velocities of up to 100 m/day, much larger than that at mesoscales, consistent with surface convergence values calculated from drifter observations and submesoscale frontal dynamics. Near-surface temperature wavenumber spectra are shown to give anisotropic temperature variability with respect to the wind direction, consistent with anisotropic turbulence due to Langmuir circulation. Dispersion differences between dye and drifters are reconciled by vertical transport, and/or vertical mixing. Dye is generally more dispersive, and less anisotropic than drifters. This is statistically consistent with differences between two- and three-dimensional Lagrangian experiments from numerical simulations with the Regional Ocean Modeling System (ROMS). Results are discussed in the context of numerical models and applications, including the transport and mixing of tracers such as pollutants, carbon, and biological material.

SE10-27

**VARIABILIDAD DE FLUJOS EN LA PLATAFORMA
CONTINENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO**Nieblas-Piquero Juan Manuel, Zavala-Hidalgo Jorge,
Calderón-Bustamante Oscar y González Santamaría Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jumannp@gmail.com

Es conocido que la circulación en las plataformas continentales del Golfo de México tienen una circulación relativamente desacoplada de la de aguas oceánicas. En las primeras el forzamiento del viento, la fricción de fondo y la descarga de ríos determinan su hidrodinámica mientras que en aguas oceánicas la Corriente del Lazo y los remolinos que se desprenden esa corriente son los que principalmente determinan su hidrodinámica. El intercambio de baja frecuencia, a escala mensual, de masas de agua, energía, larvas y contaminantes, entre las aguas de plataforma y las oceánicas es analizado a partir de los datos de una simulación de alta resolución durante 20 años, realizada con el modelo numérico HYCOM (Hybrid Coordinate Oceanic Model). Para este fin, los transportes a través de las isóbatas de 30m, 50m y 200m; los transportes a lo largo de la plataforma, la divergencia/convergencia, y las condiciones de surgencia/hundimiento son estudiadas. Se muestran y discuten los resultados.

SE10-28

**“CLIMATOLOGÍA” DE DOS AÑOS DE MONITOREO
CONTINUO DEL GOLFO DE MÉXICO CON
PLANEADORES SUBMARINOS AUTÓNOMOS (GLIDERS)**Tenreiro Miguel¹, Pallàs Sanz Enric¹, Ochoa de la Torre José Luis¹,
Portela Esther¹, Meunier Thomas¹, Ulloa Marco², Ruiz Angulo
Angel³, Cusi Simó⁴, Villicaña Adrián¹, Aranda Eliot¹ y Zárate Jessica¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICATA-IPN³CCA-UNAM

tenreiro@cicese.mx

Se pretende a manera de resumen (climatología) presentar los principales resultados de dos años (2016-18) de monitoreo continuo del Golfo de México con planeadores submarinos autónomos (gliders). El Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) 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). Se han realizado 12 misiones de monitoreo de propiedades termohalinas y biogeoquímicas con énfasis en las estructuras de mesoescala que modelan la circulación del Golfo de México. En particular, el remolino “Olympus” desprendido de la Corriente de Lazo (CL) en Octubre de 2015 y monitoreado en su última fase de “vida” entre mayo y septiembre de 2016 en la región mas al oeste del golfo; el remolino “Poseidon” desprendido de la CL en abril de 2016 y monitoreado hasta su disipación en el oeste del golfo en abril de 2017; el remolino “Quantum” desprendido inicialmente en noviembre de 2017 y muestreado en julio de 2018 durante su segunda fase de separación; y resultados preliminares del monitoreo del Ciclón de Campeche, estructura semi-permanente de la Bahía de Campeche. Finalmente, la distribución actualizada de las masas de agua basada en la dinámica de mesoescala del Golfo de México será presentada así como el papel de las plumas de agua dulce en la formación del Agua Común del Golfo de México (CGW).

SE10-29

**THE VERTICAL STRUCTURE OF A LOOP CURRENT
EDDY : FROM MESOSCALE TO FINE SCALE**Meunier Thomas¹, Pallàs Sanz Enric¹, Tenreiro Miguel¹, Ruiz Angulo
Angel², Ochoa de la Torre José Luis¹, Portela Esther¹ y Cusi Simó¹¹Cicese²Unam³Itremer

meunier@cicese.mx

A series of glider surveys through a recently detached Loop Current Eddy (LCE) revealed its vertical structure to an unprecedented resolution. The LCE appeared as a large body of nearly homogeneous water confined between the seasonal and main thermoclines. It was associated with a large positive temperature anomaly. The salinity structure had a double core pattern: a subsurface fresh core resulting from surface diabatic transformation during the winter preceding eddy detachment and a deeper saline core resulting from typical advection of Atlantic Subtropical Under Water from the Caribbean basin. The geostrophic velocity structure had the form of a subsurface, peripheral high velocity annulus, consistent with a Vortex Ring structure. Several anticyclonic Intra Thermocline Eddies (ITE) were observed within the LCE main thermocline. They had a radius of 20 to 30 km and were characterized by negative anomalies of the Brunt-Väisälä frequency, a low Ertel Potential Vorticity,

a small Burger and a large Rossby numbers. The absence of any particular T-S signature within the ITEs suggests a mechanical formation process. Evidences of fine scale layering below the strongly vertically sheared high velocity annulus of the LCE were also observed, introducing a new candidate to the mixing of the Caribbean Salinity Maximum within the Gulf of Mexico.

SE10-30

EROSIÓN DEL MÁXIMO SUB-SUPERFICIAL SALINO DE LOS REMOLINOS DE LA CORRIENTE DE LAZO A PARTIR DE OBSERVACIONES DE GLIDERS Y MODELACIÓN NUMÉRICA

Sosa Gutiérrez Elva Rosmery¹, Pallàs Sanz Enric² y Jouanno Julien²

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

²LEGOS, Université de Toulouse, IRD, CNRS, CNES, UPS, Toulouse, France
esosaa@cicese.edu.mx

El balance de sal en el interior de los remolinos anticiclónicos de la corriente del lazo (RACL) ubicados en el Golfo de México (GoM) es estudiado numéricamente con el modelo tridimensional NEMO. La erosión del máximo sub-superficial salino característico del agua subtropical del Caribe (Subtropical Under Water, SUW) es observada en datos de glider durante un año de la vida del RACL llamado Poseidón. Durante la primera misión (0003), en verano de 2016, el glider muestreo toda la estructura vertical de un joven Poseidón con un fuerte máximo salino de >36.8 psu a 200-300m de profundidad. La segunda misión (0004) fue en invierno del 2016 y, en promedio, el máximo salino es diluido notablemente. Esta reducción de salinidad se extiende verticalmente hasta los ~700m, lo que sugiere decaimiento. Una comparación entre los perfiles promedios dentro de Poseidón para las dos primeras misiones (verano vs invierno), sugiere mezcla vertical de sal durante la convección térmica de invierno, i.e. inyecta salinidad en el océano superior y extrae del máximo sub-superficial de salinidad. Durante estas estaciones de otoño e invierno frentes fríos o Nortes se propagan sobre el GoM con vientos que exceden los 10m/s. En primavera (0004) y verano (0005), 2017, la reducción de la salinidad en el interior de Poseidón es débil pero aún significativa. Con las simulaciones numéricas, se analiza el balance de sal para el remolino numérico con el mayor tiempo de vida (~2 años) y posteriormente se generalizan los resultados para 16 RACL desprendidos entre 1992-2012. En el caso de estudio, la mayor profundización de la capa de mezcla y la mayor reducción de sal dentro del máximo salino, ocurre en el primer invierno, consistente con las observaciones. La profundidad de la capa de mezcla es aproximadamente igual a la profundidad de convección parametrizada en función del flujo de calor total y la evolución temporal de temperatura. Durante el segundo invierno, la difusión vertical es débil, debido a la homogenización del perfil vertical de sal después del primer episodio de la convección de invierno. Al generalizar el estudio para los 16 RACL, se encontró recurrentemente que la reducción del contenido sub-superficial de sal ocurre durante el primer invierno a través de la difusión vertical de sal a la profundidad del máximo salino. Aunque otros términos del balance de sal son importantes en tiempos específicos en la vida de los RACL (por ejemplo la advección de sal), se concluye que la convección de invierno a través de la difusión vertical es el mecanismo más importante en la disipación del máximo salino sub-superficial de los RACL y formación de aguas comunes del Golfo.

SE10-31

ESTRATIFICACIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO Y PERIODICIDAD DE LOS DESPRENDIMIENTO DE REMOLINOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Moreles Vázquez Luis Efraín, Zavala-Hidalgo Jorge y Martínez López Benjamín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
lemoreles@gmail.com

Este trabajo presenta un estudio numérico de algunos mecanismos que afectan el período de desprendimiento de los Remolinos de la Corriente del Lazo (RCL), con el enfoque en la relación entre el período medio de desprendimiento de los RCL y la estratificación en el océano. Para simular el comportamiento de la Corriente del Lazo se utilizó un modelo de 2.5 capas del Golfo de México que resuelve las ecuaciones primitivas, sin considerar flujos de energía con la atmósfera. Se realizaron simulaciones de largo plazo considerando dos experimentos: transporte fijo con espesor variable en la capa superior, y espesor fijo con transporte variable en la capa superior. Se encontró que la estratificación cambia el período medio del desprendimiento de los RCL en hasta 40 días. Las siguientes relaciones fueron identificadas: el período medio de desprendimiento de los RCL se reduce conforme se incrementa el espesor de la capa superior, y el período medio de desprendimiento de los RCL se incrementa conforme se aumenta el transporte en la capa superior. Se encontró una condición dinámica para el desprendimiento de los RCL, la cual involucra la circulación de la Corriente del Lazo y el transporte en la capa superior. Finalmente, a través de un análisis energético que consideró energía cinética, energía potencial y energía potencial disponible, se profundizó en la descripción de algunos mecanismos que contribuyen al desprendimiento de los RCL.

SE10-32

ENERGETICS OF THE DEEP GULF OF MEXICO

Maslo Aljaz y Azevedo Correia de Souza Joao Marcos
CICESE
maslo@cicese.mx

Oceanic circulation requires energy sources for supporting itself. Furthermore, the separation of the mean and eddy kinetic energy gives insight into the mechanisms maintaining the ocean currents. The purpose of this work was to achieve an improved understanding of the energy pathways, sources and dissipation focusing on deep waters (below 1000 m) in the Gulf of Mexico (GoM). We perform the energetics analysis based on a five-year (2010–2014) regional ocean model simulation and a three-dimensional picture of the eddy-mean flow interaction and energy budget is presented. Our findings emphasize that the main difference between the surface and the deep layer energetics is that in the surface layer the mean flow is predominantly generating the eddy flow by the process related to the barotropic instability and secondly transferring the energy into the mean potential energy (MPE) reservoir. On the other hand, in the deep layer the mean flow is mostly acquiring its energy from the MPE reservoir and secondly gets driven by the eddy activity. An important contribution of this study is also an evaluation of the Lorenz energy cycle separately for the surface and deep layer that could be used as a comprehensive view of the energy generation, redistribution and dissipation in the GoM.

SE10-33

INSIGHTS INTO THE DEEP CIRCULATION OF THE GULF OF MEXICO BASED ON NEW DIC RADIOCARBON DEPTH PROFILES, HYDROGRAPHY AND VOLUME TRANSPORT ESTIMATES

Amon Rainer¹, Herguera Juan Carlos², Herzka Sharon², Ochoa de la Torre José Luis², Sheinbaum Julio², Candela Julio² y Pérez Brunius Paula²
¹Texas A&M University, TAMU
²CICESE
amonr@tamug.edu

The ventilation of deep waters (>2000m) in the Gulf of Mexico is still an open question with residence time estimates ranging from 250 to 500 years. As part of the CIGOM project we collected 8 new depth profiles to analyze the radiocarbon content of dissolved inorganic carbon from the southern Gulf of Mexico and the Northwestern Caribbean. The new radiocarbon profiles compare well with the few (2) historical profiles and a recent profile from the northern Gulf of Mexico indicating that the radiocarbon content of the deep central Gulf has not changed (beyond analytical accuracy) over the last 40 years. Deep-water radiocarbon values of the Caribbean show a clear distinction between the Yucatan Basin and the Venezuelan Basin with higher #14C values in the Yucatan basin. The #14C offset between the deep Yucatan Basin and the deep Gulf of Mexico and the deep Venezuelan Basin was 13.7‰ and 13.3‰, respectively, which translates to a conventional radiocarbon age difference of about 120 years. The radiocarbon results will be put in perspective to hydrography and volume transport estimates through the Yucatan Strait.

SE10-34

PATRONES RECURRENTE DE CIRCULACIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO, APLICANDO MODELACIÓN NUMÉRICA, ANÁLISIS LINEALES Y NO-LINEALES

González Santamaría Raúl, Zavala-Hidalgo Jorge y Calderón-Bustamante Oscar
Universidad Nacional Autónoma de México
raul.gonzalez@atmosfera.unam.mx

El modelo oceánico HYCOM ha sido actualizado a una nueva versión y acoplado offline al modelo atmosférico WRF. En este trabajo se simuló 20 años en el Golfo de México (GdM), comparando cualitativa- y cuantitativamente HYCOM vs observaciones, hay una gran concordancia en casi todas las métricas analizadas. El promedio de la simulación total de la superficie del mar tiene una gran correlación con AVISO-altimetría, similarmente las variables físicas tienen poca variación respecto a lo observado y el transporte en el canal de Yucatán también presenta alta correlación con lo presentado en trabajos publicados previamente. El objetivo de este estudio es analizar y detectar patrones recurrentes de circulación en la dinámica del GdM. Se analizan dos grandes zonas, la parte central del GdM y las zonas de plataforma continental, para la superficie y en el golfo profundo. Para una base de datos de gran tamaño con frecuencia desconocida en tiempo y espacio, obtenida de simulaciones numéricas, se propone analizarla aplicando funciones empíricas ortogonales complejas, mapas de auto-organización y un análisis de variabilidad estacional. Este tipo de análisis han demostrado que son óptimos en la oceanografía para extraer variaciones coherentes que son dominantes sobre un grupo de datos y series de tiempo.

SE10-35

ESTACIONALIDAD EN EL GOLFO DE MÉXICO A PARTIR DE DATOS SATELITALES DE TOPOGRAFÍA DINÁMICA ABSOLUTA Y PERCEPCIÓN REMOTA DE CONCENTRACIONES DE CLOROFILA-A

Delgado Contreras Juan Antonio¹, Sudre Joel², Tanahara Sorayda³,
Montes Ivonne⁴, Hernández Ayón José Martín⁵ y Zirino Alberto⁶

¹Facultad de Ciencias Marinas/Instituto de Investigaciones Oceanológicas UABC, FCM/IO
UABC, Instituto Tecnológico de Guaymas/ Tec. Nacional de México, Guaymas, Sonora, México.

²LEGOS, CNRS/IRD/UPS/CNRS UMR 5566, 18 av. Ed Belin, 31401 Toulouse Cedex 9, France

³Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Transpeninsular
Tijuana-Ensenada, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

⁴Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

⁵Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Transpeninsular
Tijuana-Ensenada, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

⁶Scripps Institution of Oceanography, University of California,
San Diego, 9500 Gilman Drive, La Jolla, California 92093, USA
delgado.juan@uabc.edu.mx

La dinámica de la corriente de Lazo (LC) y los remolinos anticiclónicos (RACL) que de ella se desprenden dominan la circulación oceánica en las capas superficiales del Golfo de México (GoM). En este trabajo, se presentan las climatologías mensuales de la topografía dinámica absoluta (TDA), corrientes oceánicas y el esfuerzo del viento calculadas para el período de 25 años (1993-2017) a partir de imágenes satelitales diarias (obtenidas de AVISO). Además, se incluyen mapas mensuales de concentraciones de clorofila-a (Chl-a) (obtenidas de NASA Ocean Color) calculadas para el período de 1998-2017, cambios estacionales, diferencias de medias y tendencias de concentración regional. El trabajo explica la variabilidad dinámica de los derivados físicos y su capacidad para afectar la concentración de Chl-a en las aguas superficiales (sobre profundidades mayores de 250 m). La TDA y sus climatologías mensuales oceánicas actuales muestran una intrusión estacional de CL hacia el interior del GoM que comienza en primavera, alcanza su máximo en el verano hasta 26.58°N y 88.32°W y luego se retrae en el invierno. Se encontraron concentraciones mínimas de Chl-a (<0.08 mg m⁻³) durante el período de verano-otoño dentro de la región de máxima incursión de la LC; se observó lo contrario durante el período invernal cuando las concentraciones de Chl-a en la región de LC eran máximas, por ejemplo, > 0.14 mg m⁻³. Los promedios corridos de tres años de las isóneas TDA de 40 cm reproducen cualitativamente el patrón climatológico de 25 años, mostrando que antes del año 2002 la LC era menos intrusiva y el diámetro de los de RACL eran menores y duraban en promedio 6-7 meses. Esta diferencia sugiere que después del 2003 grandes volúmenes de aguas oligotróficas del Mar Caribe están invadiendo el GoM occidental. Por otro lado, la comparación de las concentraciones de Chl-a entre las medias de los períodos 1998 a 2002 y de 2009 a 2014 indica que en el último período de tiempo la concentración de Chl-a en la región profunda del GoM (sobre la batimetría de más de 250 m) ha disminuido.

SE10-36

IMPACTO DEL ACOPLAMIENTO OCÉANO-ATMÓSFERA Y LA RESOLUCIÓN ESPACIAL UTILIZADA EN LOS PROCESOS DE DESPRENDIMIENTO DE REMOLINOS ANTICICLÓNICOS DE LA CORRIENTE DE LAZO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Bracamontes Ramírez Joel¹, Sein Dmitry², Zavala-Hidalgo Jorge¹,
Moreles Vázquez Luis Efraín¹ y Martínez López Benjamín¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Instituto Alfred Wegener, Bremerhaven, Alemania.
joelbra.92@gmail.com

Con el fin de estimar el impacto del acoplamiento océano-atmósfera y la resolución espacial utilizada en la simulación numérica del desprendimiento de remolinos anticiclónicos de la Corriente de Lazo en el Golfo de México, analizamos los resultados de simulaciones realizadas con el modelo oceánico global formulado en elementos finitos (FESOM), tanto en modo oceánico como acoplado al modelo atmosférico ECHAM6 (AWI-CM). Se usaron varias configuraciones, las cuales difieren en la resolución espacial de FESOM y ECHAM6 cuando las simulaciones están acopladas. Además, analizamos los resultados de un modelo de dos capas y media con termodinámica forzada por campos climatológicos, así como los resultados de otros dos modelos en modo oceánico: HYCOM y MPIOM-XR (configuración STORM), con alta resolución espacial. La habilidad de FESOM para simular la separación de los remolinos anticiclónicos de la Corriente de Lazo es muy sensible a la resolución espacial. La estacionalidad de la separación de los remolinos parece reproducirse mejor al aumentar la resolución espacial y al utilizar el modelo en modo acoplado. Los modelos en modo oceánico sin una resolución espacial más alta no son capaces de reproducir la estacionalidad del proceso de separación de los remolinos y, al contrario que las observaciones, simulan solo intervalos de separación menores a un año. El patrón espacial de variabilidad en el Golfo de México se reproduce bien tanto en FESOM como en HYCOM con la resolución espacial más alta, pero no en MPIOM-XR. FESOM reproduce también la estacionalidad del proceso de desprendimiento de los remolinos, característica que no es bien simulada en HYCOM.

SE10-37

FORCED AND CHAOTIC VARIABILITY OF THE LOOP CURRENT AND YUCATAN CHANNEL TRANSPORT: AN ENSEMBLE SIMULATION APPROACH

García Gómez Ixetl¹, Penduff Thierry², Sheinbaum Julio³, Barnier Bernard² y Molines Jean-Marc²

¹IGE, Université Grenoble Alpes

²IGE, CNRS

³CICESE

ixetl.garcia-gomez@univ-grenoble-alpes.fr

The Gulf of Mexico (GoM) is a basin with strong turbulent activity due mainly to the Loop current and the eddies that separates from it. Some authors attribute the variability in the basin to the atmospheric forcing, but others affirm that the system is mainly chaotic. Determining whether the variability is chaotic or forced is an important question for societal and economic reasons in this region, and is relevant for ocean forecasting. One of the aims of this project is try to find a relation of the Loop Current variability with possible external forcing that affect it. Based on previous works and in logic with the physics of the region, we investigate the relation between the extension of the LC (and the eddy shedding) with the entrance and exit of the water volume through the Yucatan Channel (YC) and the Florida Straits (FS). For the study we used a 1/4° ocean/sea-ice 50-member ensemble simulation. The daily Loop Current SLA and the 5-day transport (1997-2012) variability is analyzed probabilistically using ensemble PDFs and entropy-based metrics. We observe that the variability in the FS and the upper YC transport is the same magnitude, meanwhile the deep YC transport variability is two times smaller, on the other hand, the chaotic variability in the three transports is similar. The ratio between the chaotic and forced variability is around -0.5 for the low frequency, and -1 or greater for the high frequency, indicating that the chaotic variability is important in all transports. Comparing the transports with the LC, we observe high coherence with the deep YC transport and the LC SLA around the period of 270-365 days, with a phase around 45°, meaning that the YC transport leads the LC SLA. We also observe a high coherence between upper YC and FS transports with the LC SLA, but only in the chaotic component. The peak of coherence is in the period 320-365 days and the phase is around 150-180° indicating that the LC SLA leads the transports. This results are part of the activities in different projects where we are studying and developing new metrics and methods to study the origin of the ocean variability (chaotic or forced) in a probabilistic way.

SE10-38

RED DE RADARES HF DEL GOLFO DE MÉXICO

Flores-Vidal Xavier¹, Saavedra Matta Johana¹, Sandoval Rangel Andres¹,
Navarro Olache Luis Felipe¹, Saldana Bencomo Jesus¹, Hernández González
Mayra¹, Flament Pierre², Arredondo Medina Carlos Eduardo¹, Chávez Trejo
Martha Isabel¹, Kurczyn Robledo Jorge Alejandro³ y Valencia Martínez Jorge⁴

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Universidad de Hawaii

³Universidad Autónoma de Campeche - EPOMEX

⁴Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
xfloresv@gmail.com

Durante 2017 y 2018, el laboratorio de radio oceanografía del IIO-UABC y el CIGOM, han establecido una red de radares oceanográficos (HFR) en las costas del Golfo de México. Dicha red abarca los estados de Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas. Desde mediados de 2017 se han obtenido mapas horarios de corrientes superficiales de forma regional en las zonas antes mencionadas, con coberturas de hasta 200 km mar adentro. En este trabajo se presentarán los patrones de circulación superficial más representativos, haciendo uso de mapas de corrientes obtenidas con HFR y temperatura superficial oceánica obtenida de satélites, además de evaluar el efecto de algunos forzamientos sobre la dinámica oceánica (i.e. los "nortes").

SE10-39

IMPROVEMENT OF THE STOKES DRIFT PROFILE WITH THE BREIVIK APPROXIMATION IN THE COUPLED SYSTEM CROCO-WW3

Moulin Aimie, Osuna Pedro, Rasle Nicolas,
Larrañaga Marco y Ocampo Torres Francisco Javier
CICESE
amoulin@cicese.mx

The Stokes drift is one of the most important processes of the wave-current interaction. It is essential to have an accurate estimation of its profile, especially for the calculation of the vortex-force, Stokes-Coriolis term, and the estimation of the surface mixing. Commonly, wave-current coupled models use wave integral parameters (monochromatic wave approximation) to calculate the Stokes drift. Initially, WW3 sends to CROCO the mean wave direction, the significant wave height and the characteristic wave period. In case of complex wave spectrum (wave field composed of more than one system), the monochromatic wave approximation leads to substantial errors in the computation of the wave-current interaction terms. A new methodology, defined by Breivik and collaborators, is implemented in CROCO to improve the approximation for the Stokes drift profile. In this case CROCO receives

the surface Stokes drift and its associated transport calculated with all the wave spectrum in WW3. The vertical profile is defined as an exponential decay that accounts for the main wave signal plus a correction function that takes into account the high frequency region of the spectrum. Results show that Stokes drift profiles are improved in the Gulf of Mexico. The sensitivity of the ocean dynamic to the modification of the Stokes drift profile is evaluated during periods of calm and extreme events. This work is carried out in the framework of the project 201441 (CIGoM) funded by CONACYT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos.

SE10-40

AN ASSESSMENT OF THE WAVE-CURRENT INTERACTION DURING ANTICYCLONIC COLD FRONT INTRUSIONS IN THE GULF OF MEXICO

Osuna Pedro, Moulin Aimie y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
osunac@cicese.mx

Anticyclonic cold fronts (Nortes) entering the Gulf of Mexico occur frequently during winter. They can generate extreme waves that can influence momentarily the ocean dynamics. A statistical study is carried out for all the anticyclonic cold fronts crossing the Gulf of Mexico, between December to February (which have the highest probability of occurrences), from 2005 to 2015. Uncoupled simulations for wave (WW3) and currents (CROCO) are compared with coupled simulations (CROCO-WW3) to assess the impact of the wave-current interaction on the dynamics of the western coastal region of the Gulf of Mexico. Preliminary analysis reveals significant effects of waves on the dynamic of the ocean top five meters. The Stokes drift can modify significantly the intensity and the direction of the total currents. Also, currents leave its imprint in the wave pattern through current-induced wave refraction. Velocities, sea surface temperatures and wave fields are compared with in situ and remote observations. This work is carried out in the framework of the project 201441 (CIGoM), funded by CONACYT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos.

SE10-41

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON PELIGRO DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA USANDO MODELOS DE ALTA RESOLUCIÓN EN VERACRUZ, MÉXICO

Díaz-García Ovel y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ovel.diaz@atmosfera.unam.mx

La Ciudad de Veracruz unida a Boca del Río representa el entorno urbano más poblado en las costas Mexicanas en el Golfo de México. En años recientes esta zona ha sido afectada por huracanes de mediana intensidad que han causado pérdidas económicas y de vidas humanas. Ejemplo de ello es el huracán Karl (2010), el cual provocó una marea de tormenta y severas inundaciones. Basado en un trabajo previo en el que estudiamos escenarios de inundación por marea de tormenta generada por huracanes sintéticos con diferentes trayectorias, puntos de arribo, velocidad de desplazamiento y categoría, determinamos áreas con peligro de inundación para las condiciones actuales y para las condiciones a finales del presente siglo considerando un incremento medio del nivel del mar de 50 cm. Este estudio a sido revisado y mejorado, con la inclusión de una malla no estructurada de mayor resolución en las zonas identificadas como más susceptibles de inundación y a lo largo de la costa, la cual permite identificar las áreas de peligro hasta el nivel de cuadrados. Los resultados se han compilado en Tablas y Mapas que facilitan la visualización y que han permitido identificar zonas de peligro en las que existen actualmente desarrollos habitacionales. A través de talleres los resultados han sido presentados a la sociedad civil, a la academia y a los tomadores de decisión del territorio. La metodología utilizada provee un enfoque racional para la identificación de zonas de riesgo inducido por huracanes en área con pocos registros históricos de eventos.

SE10-42

ESTIMACIÓN DEL OLEAJE Y DETERMINACIÓN DE SU INFLUENCIA EN EL FLUJO DE MOMENTO ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA, Y SU EFECTO EN LA DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTO EN LA CAPA SUPERIOR DEL MAR

Ocampo Torres Francisco Javier¹, Osuna Pedro², Durazo Reginaldo³, García Nava Héctor³, Peláez Daniel² y Larios Diego²
¹Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CICESE
³UABC
ocampo@cicese.mx

Aunque se entiende que el oleaje representa la rugosidad de la superficie del mar que puede influir decisivamente en el flujo vertical de momento horizontal entre el océano y la atmósfera, la cuantificación de su influencia requiere aún de mayores esfuerzos de investigación, y sobre todo de mediciones detalladas de viento, oleaje

y corrientes superficiales, además de otras variables dinámicas relevantes. Como parte de las actividades del CIGoM, se implementan boyas oceanográficas y de meteorología marina, con un conjunto de sensores que nos brindan la posibilidad de detectar las variables promedio, además de las características turbulentas del viento y de la corriente en los primeros metros de la capa superior del mar. En este trabajo se describen los primeros resultados de la estimación del flujo de momento entre el océano y la atmósfera, que se obtienen de la manera más directa, mediante la correlación de las fluctuaciones turbulentas. A partir de las mediciones del oleaje con un arreglo de 6 alambres para detectar la capacitancia, se estima el espectro direccional con el que se describe la distribución de la energía del oleaje en función de la frecuencia y la propagación de cada componente. Se abordan las primeras aproximaciones para estimar las fluctuaciones turbulentas y para determinar la tasa de disipación de la energía cinética turbulenta. Adicionalmente, se utiliza un perfilador del corte vertical de las componentes horizontales de la velocidad, como una alternativa para evaluar la variación vertical de la tasa de disipación. Se presentan las primeras estimaciones de la contribución del oleaje en la intensidad de la turbulencia en los primeros metros por debajo de la superficie del mar, y se intenta establecer la contribución directa de parte del viento en la corriente superficial. Los resultados provienen de campañas piloto llevadas a cabo en in sitio al noroeste de la Isla Todos Santos, frente a Ensenada, B. C. Finalmente, se presentan los primeros resultados que se obtienen a partir de las mediciones en el Golfo de México.

SE10-43

PLATAFORMA COMPUTACIONAL WEB PARA EL ANÁLISIS Y POST-PROCESAMIENTO DE DATOS GEO-REFERENCIADOS

Ronquillo Méndez Argelia y Medrano Jaimes Hernán Favio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
aronquil@cicese.mx

Dentro de CIGOM se han tenido grandes avances en relación a la estandarización de los conjuntos de datos de las líneas 1, 3 y 5. Esta estandarización ha permitido y facilitado, a los grupos de trabajo del consorcio, el almacenamiento, catalogado, descubrimiento, transmisión y visualización de la información mediante protocolos bien establecidos a nivel internacional. Aunque las tareas de análisis, post-procesamiento y publicación de resultados, utilizando datos provenientes de experimentos, resultados de modelación y plataformas de observación, son posibles debido a la estandarización de los datos y los procesos, éstas aún siguen siendo una tarea ardua. La compartición de datos por sí sola, rara vez es suficiente para descubrir lo que claramente arrojarían procesos computacionales complejos. Ejecutar un proceso de este tipo, requiere tiempo y esfuerzo pues es necesario: definir los datos que se necesitan para el cálculo, descubrirlos y ubicarlos en los catálogos del consorcio, descargarlos, ejecutar los programas necesarios para obtener los resultados, y finalmente visualizar/publicar los resultados. Dado que hablamos de conjuntos de datos que por lo regular caen en la categoría de BigData, tan solo la descarga de éstos requiere un buen ancho de banda y un tiempo considerable por cada usuario que realice una tarea de estas. ¿Qué pasaría si se cambia el modelo planteado de esta tarea y en lugar de descargar los datos a donde corren los programas, cargamos los programas a donde están los datos? ¿Cómo administrar el acceso de los usuarios y los recursos computacionales entre los usuarios? ¿Qué ganamos con este cambio? El primer paso para tener una plataforma de este tipo es crear un ambiente estándar de cómputo científico remoto para el grupo de personas que realizarán análisis sobre los datos. JupyterHub es una herramienta que permite utilizar la infraestructura de cómputo para ser un núcleo central que habilita a los usuarios a interactuar remotamente con un ambiente de cómputo estándar y listo para sus tareas. Para cada usuario que ingresa a la plataforma se lanza una sesión web de Jupyter notebook que le permite crear y compartir documentos que contienen código vivo, ecuaciones, visualizaciones y texto narrativo, sus usos incluyen la limpieza, transformación y visualización de los datos, modelado estadístico, aprendizaje máquina, etc; soporta más de 40 lenguajes de programación, entre ellos Python, R, Julia, Escala, incluso Matlab. Con este esquema se agrega compatibilidad inter-grupal e interdisciplinaria lo que aligera y acelera los procesos de análisis necesarios para el entendimiento de la dinámica física, biogeoquímica y biológica del sistema. Estamos en una nueva era del cómputo científico remoto donde los procesos computacionales son más eficientes, reproducibles y amenos. Además, la información (tanto datos como programas) son fácilmente descubribles, accesibles, interoperables y reusables. El mejorar la eficiencia de los procesos que realizan cálculos complejos da la pauta para experimentar más y con técnicas más complejas, que a su vez requieren mayor interacción entre los recursos y mayor poder de cómputo, por ejemplo: el reconocimiento de patrones, los mapas auto-organizados, las redes neuronales, etc.

SE10-44

ATLAS METEOROLÓGICO DEL GOLFO DE MÉXICO

Romero-Centeno Rosario¹, Zavala-Romero Olmo², Zavala-Hidalgo Jorge¹, Osorio-Tai María Elena¹, Pantoja Ortiz Samantha³, Rivera-Martínez Saulo Leonardo³, Pineda-León Roberto³, Gutiérrez Vladimir³, Medina Raúl⁴ y Zazueta Ixchel³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad de Miami

³Universidad Nacional Autónoma de México
rosario@atmosfera.unam.mx

Como parte fundamental de los productos generados dentro del proyecto Implementación de redes de observación oceanográficas del Fondo de Hidrocarburos CONACYT-SENER desarrollado por el CIGOM, se elaboró un Atlas Meteorológico del Golfo de México (GoM). Este Atlas, basado en simulaciones numéricas realizadas con el modelo WRF para un período de más de 30 años, es una herramienta de consulta de las características climatológicas del GoM en distintas escalas de tiempo. La información se encuentra integrada en un sistema web a través del cual ésta se visualiza mediante mapas y gráficos de distintas variables, como son: temperatura del aire cerca de la superficie, precipitación, viento a 10 m y en altura, presión a nivel del mar, altura geopotencial, humedad relativa, flujos de calor y altura de la capa límite. Se presentan ejemplos de los mapas y gráficos que contiene el Atlas.

SE10-45

A NOVEL APPROACH TO GENERATING A HURRICANE DATABASE FOR THE GULF OF MEXICO BASED ON NUMERICAL WEATHER PREDICTION MODELS

Liria Juan¹, Coelho Henrique¹, Sproson Dave¹, Martinho Paulo¹, Webb Cody², Oropeza Fernando³, Bradon Jill¹ y Smith Rosemary²

¹Fugro GB Marine LTD

²Fugro USA Marine INC

³Fugro México, S.A. de C.V.
j.liria@fugro.com

Accurate, reliable and cost effective hindcast databases have become essential tools for the design of offshore and coastal structures. Within the Gulf of Mexico, many databases exist which cover operational wave climates, but very few of these fully resolve the complexities of hurricanes, in terms of both the spatial and temporal resolution. Most of the existing databases produce a set of synthetic hurricanes based on the records of wind, track, pressure and radius of maximum speed, producing a uniform field of wind and pressure. We have developed a state of the art wind, wave and current hindcast database based on fully convective and non-hydrostatic numerical models, covering all hurricanes affecting the Gulf of Mexico from 1979 to the present day. Here, we present the results of our hindcast analysis. This database represents all the physical and dynamical aspects of the hurricanes, reproducing not only the cyclonic winds but also how the hurricane interacts with the atmospheric mean flow on the area surrounding the eyewall. The Weather Research and Forecasting model (WRF-ARW) with two nested fixed domains (18km and 6km) and uncoupled Hurricane WRF (HWRF) have been used to model the atmospheric conditions. Waves have been modelled using Wave Watch III (WW3), a third-generation wave model, currents have been modelled using Delft3D Hydrodynamic Model, both driven by the 18 km WRF modelled winds. Boundary conditions from our inhouse global wave database have been used for wave model, forced by CFSR. The currents are driven by the hurricane wind forcing, tidal forcing, ocean circulation and density gradient from Hycom. Model results have been validated against observational data from buoys, meteorological stations, airborne measurements, satellite data and against tracks from the IBTrACS database. Results show that the modelled hurricanes are quite sensitive to the initial state, obtaining the best results when initializing the model with the vortex in a mature state. The hurricane intensification and wind distribution is well reproduced by the WRF model, being in good agreement with the track and the measurements. This approach provides a realistic, cost effective and up to date hindcast of the wind, wave and current conditions during hurricane events throughout the Gulf of Mexico. Using cutting edge models, we have been able to reproduce hurricane conditions over the whole Gulf of Mexico obtaining results that are physically representative.

SE10-46

SISTEMA DE PRONÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE EN EL GOLFO DE MÉXICO

García Agustín¹, Turrent Cuauhtémoc², Mendoza Alejandra³ y Mar-Morales Bertha⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, CCA UNAM

²CICESE

³UNAM

⁴CCA UNAM

agustin@atmosfera.unam.mx

La calidad del aire en una región depende de las condiciones meteorológicas, de las emisiones y de las concentraciones de fondo. En el caso de la República Mexicana las concentraciones en las costas depende de emisiones provenientes tanto de tierra

como del mar. El conocer la contribución de las emisiones mar adentro ayuda a tomar decisiones con antelación en el caso que así se requiera. Se presenta el sistema de pronóstico operativo de calidad del aire para el Golfo de México, en este trabajo se describe el dominio, la configuración del modelo, la generación de las emisiones para la región y el sistema de visualización web. El sistema de pronóstico puede correrse con diferentes mecanismos químicos entre ellos el RADM2, RACM, SAPR99, CBMV y el MOZART. Se describe la obtención de condiciones iniciales y de frontera así como resultados preliminares para el mecanismo químico MOZART.

SE10-47

ESCENARIOS ATMOSFÉRICOS PARA DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Anguiano-García Andrea¹, Zavala-Romero Olmo², Zavala-Hidalgo Jorge¹, Lara-Hernández Julio¹ y Romero-Centeno Rosario¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²University of Miami

andrea_anguiano@ciencias.unam.mx

Los derrames de petróleo en el mar tienen el potencial de dañar seriamente los ecosistemas marinos y las poblaciones cercanas a ellos. Conocer el destino del petróleo en el mar y las áreas de afectación en caso de la quema de este, son la clave para una rápida respuesta y una mejor planificación, por lo cual es imprescindible contar con herramientas para la modelación y el pronóstico de estos eventos. En este trabajo se presentan los escenarios mensuales de probabilidad de arribo de plumas de contaminantes en la atmósfera considerando un derrame de hidrocarburos bajo distintas condiciones meteorológicas. Estos escenarios se realizaron con un módulo lagrangiano programado en Matlab, para el movimiento de partículas en la atmósfera. El módulo utiliza climatologías de vientos del modelo Weather Research and Forecasting Model (WRF). Se muestran escenarios de lugares de interés para PEMEX.

SE10-48

CIGOM 2015-2018: (AN ATTEMPT OF) A PROGRESS REPORT

Sheinbaum Julio, Herzka Sharon, Pérez Brunius Paula, Herguera Juan Carlos, Licea Alexei F., Ocampo Torres Francisco Javier y Peters Edward
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
julios@cicese.mx

More than 300 scientists are involved in the Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM) trying a multidisciplinary approach to understand the fundamental processes that regulate the physical, chemical and biological base-line conditions in the Gulf of México, so we can produce meaningful oil spill scenarios to plan ahead and mitigate their impact. An important goal of the project is to go beyond just adding the results from the different disciplines and really connect multiple and multidisciplinary observations and modeling results, to truly improve our knowledge of the Gulf. Based on previous and current presentations, possible venues to achieve such ambitious goal are suggested and identified.

SE10-49 CARTEL

RIESGO GEOLÓGICO SOMERO EN AGUAS PROFUNDAS EN EL ÁREA DE PERDIDO, GOLFO DE MÉXICO

Mortera Gutiérrez Carlos A.¹, Ramón Márquez Víctor Manuel², Millán Motolinía Carmen¹, Bandy William¹, Aguilar Anaya Diego³ y Pérez González Elizabeth⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra y Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología y Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM
cmortera@geofisica.unam.mx

En la actualidad, existen grandes retos para la exploración y explotación de hidrocarburos en aguas profundas en el sector mexicano del Golfo de México, en particular en la región de Perdido; la industria tiene la necesidad de conocer a mayor detalle de la morfología del relieve del lecho marino, las condiciones litológicas de su subsuelo y los procesos geológicos-tectónicos que ha dado forma al actual relieve batimétrico, y de esta manera la industria pudiese mitigar los riesgos geológicos que afectaría a la infraestructura submarina. El área está ubicada en el talud continental de Tamaulipas (que incluyen principalmente las provincias geológicas: Salina del Bravo y Cinturón Plegado de Perdido) presenta un relieve batimétrico resultado de los procesos tectónicos asociados a los movimientos subsalinos y/o cargas de gravedad debido a la acumulación de sedimentos en el sector superior del talud continental. Para obtener este conocimiento a mayor detalle de dicha región, se utilizó la base de datos hidroacústicos (batimetría multihaz, retrodispersión acústica, imágenes acústicas de columna de agua y sísmica de reflexión de alta resolución) del proyecto de investigación CONACYT-SENER-Hidrocarburos encabezado por el Consorcio de Investigación en el Golfo de México (CIGOM), dichos datos fueron adquiridos a bordo del BO Justo Sierra de la UNAM, y procesados en el Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica (LUCO) de la UNAM. Algunos resultados preliminares son: delimitación de fallas geológicas, la morfología del lecho

marino (por ejemplo, pockmarks, cuencas, posibles domos salinos, canales, etc.), sedimentación, zonas de filtraciones de gas y/o fluido provenientes del subsuelo marino. Agradecemos el apoyo técnico en este trabajo a M.A. García-Palacios y a D.A. Pérez-Calderón del I. de Geofísica de la UNAM y a F. Ponce-Núñez del I. de Ciencias de Mar y Limnología, UNAM.

SE10-50 CARTEL

GRADOS DE PIRITIZACIÓN EN SEDIMENTOS PROFUNDOS DEL GOLFO DE MÉXICO

García Jonathan¹, Huerta Díaz Miguel Ángel², Mejía Piña Karla Gabriela³, Delgadillo

Hinojosa Francisco², Lares Reyes Lucila⁴ y Valdivieso Ojeda Jacob Alberto²

¹Universidad Autónoma de Baja California, Posgrado en Oceanografía Costera,

Instituto de Investigaciones Oceanológicas/Facultad de Ciencias Marinas

²Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

³Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

jonathan.garcia.orozco@uabc.edu.mx

En este trabajo se reportan las concentraciones de Fe asociado a las fracciones operacionalmente definidas como HCl (Fe-HCl) y pirita (Fe-pyr) y el grado de piritización (DOP) en 33 núcleos sedimentarios recolectados (1183 a 3801 m de profundidad) en cinco cruceros oceanográficos (XIXIMI-1 a XIXIMI-5) realizados en el Golfo de México (GoM). Los valores promedio de Fe-HCl en este trabajo estuvieron en el intervalo de 0.149 ± 0.025 a 153 ± 11 $\mu\text{mol/g}$, con una concentración promedio general de 67 ± 48 $\mu\text{mol/g}$ ($n=565$). En contraste, la concentración promedio de Fe-pyr fue de 1.61 ± 0.84 $\mu\text{mol/g}$, oscilando de 2.60 ± 0.72 a 155 ± 11 $\mu\text{mol/g}$. Para el caso del DOP, el valor promedio fue de $12 \pm 28\%$ ($n=565$), con un intervalo de variación de 0.24% a 94%. Sin embargo, se encontró que algunos de los núcleos cercanos al Escarpe de Campeche (Yucatán) presentaron valores de DOP mucho mayores (>40%) que los observados en el resto de las estaciones (mayor o igual de 0.053% y menor o igual de 13.7%) del GoM y, en general, en sedimentos pelágicos. En estas mismas estaciones, bajas concentraciones de Fe-HCl estuvieron siempre asociadas con los valores elevados de DOP. Sugerimos que estos altos valores encontrados en la zona abisal del GoM son una consecuencia del transporte de sedimentos producido por corrientes de turbidez, cuyo origen es el Escarpe de Campeche. Finalmente, nuestros resultados sugieren que la combinación de valores de DOP, Fe-HCl y, en mucho menor grado, Fe-pyr podrían ser utilizados para identificar la presencia de corrientes de turbidez en sedimentos marinos profundos.

SE10-51 CARTEL

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DE LA DESEMBOCADURA DE PORT ARANSAS (SUR DE TEXAS) CON DELFT3D: ESCENARIOS DE NORTES, BRISAS Y EL HURACÁN HARVEY

Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹, Kono Martínez Tadashi² y Enríquez Ortiz Cecilia²

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Universidad Nacional Autónoma de México
amaia@uabc.edu.mx

Las costas frente a la zona de Perdido son vulnerables a la llegada de partículas asociadas a la explotación de petróleo. Por tanto, es importante determinar la hidrodinámica costera, y en particular, la de las desembocaduras más importantes de la Laguna Madre; siendo una de ellas la de Port Aransas en Texas. A través del modelo numérico Delft3D, se estudiará la hidrodinámica de la desembocadura de Port Aransas para tres condiciones atmosféricas principales, que son: la incidencia de los Nortes, el paso del huracán Harvey, y condiciones de brisas marinas intensas. Actualmente se cuenta con casi 2 años (desde noviembre de 2016) de mediciones meteorológicas, de oleaje y corrientes frente a la zona de interés (profundidades pro-medio de 20 m), y datos de hidrografía e hidrodinámica colectados en la desembocadura durante 3 ciclos completos de 24 h. Estas mediciones servirán para definir las condiciones físicas de los escenarios a modelar, y para validar los resultados numéricos. A través del modelo numérico validado se espera poder determinar la probabilidad de arribo de partículas a las costas de Perdido, desde el sur de Texas hasta el norte de Tamaulipas, para los diferentes escenarios de estudio.

SE10-52 CARTEL

BIOGEOGRAFÍA DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN ÓPTICA HIDROLÓGICA EN LA REGIÓN CENTRAL-SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Millán Núñez Eduardo y Pérez Leal Wendy Guadalupe

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
emillan@cicese.mx

Se caracterizó la estructura de la comunidad del fitoplancton >5 μm a 10 y 50 m de profundidad, con un complemento de variables físico-químicas oceanográficas por niveles de profundidad: superficie, 10, 20, 50, 100, 150 m, y máximo de fluorescencia; esto asociado a las propiedades bio-ópticas del fitoplancton tales como el coeficiente de absorción de luz (aph440 nm, ad440 nm, B/R 440/674 nm) y pigmentos fotosintéticos por HPLC. En general, la región central del

Golfo mostró características oligotróficas, excepto el área frente a Campeche y sur de Veracruz donde se observaron valores altos de fitoplancton (35 x103 células L⁻¹), absorción por aph (0.080 m⁻¹), clorofila-a (3.0), zeaxantina (0.065), divinyl chl-a (0.440), mg m⁻³, respectivamente. En este estudio, consideramos que la región de mayor abundancia de fitoplancton se debió al aporte fluvial por material particulado (pigmentado y detritus). La determinación taxonómica promedio fue a 10 m de profundidad y consistió de 14 géneros de diatomeas, 11 dinoflagelados, y un silicoflagelado. Posteriormente, se obtuvo la jerarquización espacial de los organismos a través del Índice de Amplitud del Nicho con presencia de: Gymnodinium, Gyrodinium, Scrippsiella, Oxytoxum, Nitzschia, Navicula, y Rhizosolenia. Asimismo, se detectó un florecimiento de diatomeas de 100 x103 células L⁻¹ que ocurrió al sur de Tuxpan dominando los géneros Hemialulus sp y Dytium sp. Nuestros resultados de aph440, pigmentos-HPLC y composición taxonómica, determinaron una tendencia y coherencia del comportamiento entre estas variables y su relación al tamaño de la comunidad. Se concluye, que los parámetros bio-ópticos reflejaron una fisiología ecológica del fitoplancton con enriquecimiento de células en la región sur-este del Golfo de México.

SE10-53 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE COPÉPODOS CALANOIDES DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE LOS CRUCEROS MALLA FINA (2016)

Gaona Aurora¹, Suárez Morales Eduardo², Lara Lara Rubén¹, Ochoa de la Torre José Luis¹, Linacre Rojas Lorena Patricia¹, Cano Comparé Jesús¹ y Herzka Sharon¹

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

²El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal
gaona@cicese.edu.mx

Los copépodos constituyen uno de los grupos dominantes del zooplancton marino más importantes en términos de abundancia, biomasa y productividad. Son componentes importantes de las redes tróficas, contribuyen en la producción de la "nieve marina" y son considerados como "hotspots" para la microbiota. El orden Calanoida se compone de especies de vida libre y se caracteriza por una gran diversidad de estrategias ecológicas para su alimentación y reproducción. Sus patrones de distribución y abundancia tienen importantes implicaciones evolutivas y biogeográficas. Por consecuencia, el conocimiento de la estructura de sus comunidades es esencial para el entendimiento de los ecosistemas. En este estudio, se evalúa la relación entre la estructura de la comunidad de los copépodos calanoides y las condiciones oceanográficas en dos regiones contrastantes del golfo de México. Las muestras fueron obtenidas con una bongo con luz de malla de 335 μm en dos cruceros (Malla Fina-01 y -02) del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM) durante finales del invierno del 2016 y verano del 2016, respectivamente. Se llevaron a cabo transectos desde el talud hasta la zona de aguas profundas de la región de Perdido y de Coatzacoalcas. Se evaluó la estructura de la comunidad de copépodos calanoides (abundancia estandarizada, estadio, sexos y asociaciones) para estimar si había diferencias entre regiones y épocas del año en función de parámetros físicos que representan las condiciones oceanográficas y parámetros biológicos que sirven como proxy de la producción primaria de cada zona. Los calanoides representaron del 40 al 60% de la biomasa zooplanctónica y abarcaron del 55 al 70% de la abundancia total de copépodos. En la región de Perdido la abundancia estandarizada de calanoides fue de $58,901 \pm 29,769$ y $45,585 \pm 8,643$ individuos/1000 m³ para MMF-01 y MMF-02 respectivamente, mientras que en Coatzacoalcas fue de $48,660 \pm 32,711$ y $81,370 \pm 28,776$ ind. /1000 m³. En el ANOVA de 2 vías se encontró una interacción significativa entre los factores zona y crucero ($p < 0.01$), lo cual indica que la abundancia de calanoides varía en función de la región y estación del año. A finales del invierno (MMF-01) los organismos más abundantes fueron las hembras adultas de Clausocalanus furcatus, C. arcuicornis, Nannocalanus minor, Pleuromamma spp., Rhincalanus cornutus, Scolecithrix danae y los copepoditos de Euchaeta spp. Por el contrario, durante el verano (MMF-02) dominaron las hembras de Calocalanus pavo, Haloptilus spp., Lucicutia flavicornis y Undinula vulgaris. Estas especies se han registrado para aguas tropicales, superficiales, neríticas y pelágicas; se conocen por sus hábitos omnívoro-herbívoros a excepción de Haloptilus spp. y Euchaeta spp., las cuales son especies carnívoras que se alimentan principalmente de crustáceos de tallas pequeñas. El patrón de abundancias y composición biológica de la comunidad de los copépodos calanoides reflejó variaciones en función de la región y estación del año asociadas a la biología de cada especie y a la variabilidad oceanográfica del golfo de México.

SE10-54 CARTEL

VARIABILIDAD Y DISTRIBUCION DE LA BIOMASA FITOPLANCTONICA Y PIGMENTOS ACCESORIOS DEL FITOPLANCTON EN LA REGION CENTRAL-SUR DEL GOLFO DE MEXICO: XIXIMI-5

Pérez Leal Wendy Guadalupe y Millán Núñez Eduardo
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
wperez@cicese.mx

Se caracterizó la estructura de la comunidad del fitoplancton a 10 m de profundidad con un complemento de variables a los niveles de superficie, 10, 20, 50, 100, 150 m, esto asociados a las propiedades bio-ópticas del fitoplancton tales como el coeficiente de absorción de luz (a_{440} nm), pigmentos fotosintéticos y composición taxonómica del nano-microfitoplancton $>5 \mu\text{m}$. En general, la región central del Golfo mostró características oligotróficas, excepto el área frente a Yucatán donde se observaron valores altos de *Trichodesmium* sp. (160×10^3 células L⁻¹) comparado al grupo de diatomeas (<1500 células L⁻¹), coeficiente de absorción de luz (0.042 m⁻¹), clorofila-a por HPLC (0.315 mg m⁻³), DV chl-a (0.111 mg m⁻³), zeaxantina (0.138 mg m⁻³), 19' hex-fuca (0.086 mg m⁻³), peridinina (0.006 mg m⁻³). En este estudio, consideramos que la región de mayor abundancia del fitoplancton se incrementó posiblemente por el aporte fluvial de material particulado (suspensión, pigmentado y detritos). La composición taxonómica promedio a 10 m consistió en promedio de 14 géneros de diatomeas, 20 dinoflagelados, y una especie de silicoflagelado. Se determinó a través del Índice de Amplitud del Nicho una jerarquización espacial de los organismos: *Gymnodinium*, *Oxytoxum*, *Scirpitiella*, *Gyrodinium*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia*. Nuestros resultados de a_{440} , Clorofila-a y composición taxonómica, determinaron una relación al tamaño de la comunidad, reflejando los parámetros bio-ópticos una fisiología ecológica del fitoplancton en el Golfo de México.

SE10-55 CARTEL

ANÁLISIS METAGENÓMICO DEL FITOPLANCTON EN EL MÁXIMO DE FLUORESCENCIA Y EN SUPERFICIE DURANTE LOS VERANOS DE 2015 Y 2016, EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Sidón Ceseña Karla, Lago Lestón Asunción, Chong Robles Jennyfers, Magdalena Moncayo Dante y López Haydee
Centro de Investigación Científica y de educación superior de Ensenada, CICESE
ksidon@cicese.edu.mx

La variabilidad estacional y espacial en el océano afecta directamente a las asociaciones de la comunidad fitoplanctónica. Debido a la alta diversidad de formas y tamaños de las células que las especies de fitoplancton presentan, se requieren métodos más precisos para su análisis y caracterización. El análisis metagenómico evita el paso de cultivo y nos proporciona una visión global de los organismos y de los genes presentes en el medio ambiente. El objetivo de este trabajo es determinar la estructura y diversidad del fitoplancton por medio de secuenciación masiva. Los resultados que se presentan proceden de muestras obtenidas en las profundidades de superficie y máximo de fluorescencia durante las campañas XIXIMI-4 y XIXIMI-5 (verano del 2015 y 2016 respectivamente). A partir del ADN extraído se amplificó la región V9 de la subunidad 18S, del gen del ARN ribosomal. La secuenciación de los amplicones se llevó a cabo en la plataforma Illumina MiSeq del CICESE. Las secuencias obtenidas se analizaron mediante QIIME y utilizando la base de datos Silva 128. Las quimeras fueron eliminadas con el algoritmo UCHIME y también se eliminó del análisis todo lo que no era fitoplancton fotosintético. Los resultados muestran diferencias en la composición de especies de fitoplancton entre ambas las profundidades, entre estaciones y entre veranos, aunque el grupo predominante en ambas campañas y en todas las estaciones fueron los dinoflagelados. Este estudio aporta información de línea base sobre la diversidad, distribución y variabilidad entre veranos en la región de aguas profundas del Golfo de México.

SE10-56 CARTEL

CONECTIVIDAD ENTRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y LA ZONA OCEÁNICA INFERIDA A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL MESOZOOPLANCTON

Hernández Sánchez Oscar Gabriel¹, Camacho-Ibar Víctor F.², Pérez Bruniús Paula¹, Cano Comparé Jesús¹, Fernández Alamo María Ana³ y Herzka Sharon¹

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

²Universidad Autónoma de Baja California

³Universidad Nacional Autónoma de México
ohernandez@cicese.edu.mx

La composición isotópica del carbono y nitrógeno ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de la materia orgánica (particulada y de tejidos blandos de organismos) se han utilizado como trazadores naturales de circulación, mezcla y conectividad biológica en ecosistemas marinos. Estudios previos en el Golfo de México indican que la composición isotópica de estas fracciones es diferente entre la plataforma continental y zonas oceánicas como consecuencia de variaciones en los procesos biogeoquímicos predominantes. La materia orgánica particulada (MOP) costera tiende a tener valores de $\delta^{13}\text{C}$ más

pesados, en comparación con la MOP de origen oceánico. En este estudio, se infiere el nivel de conectividad biológica entre el borde de la plataforma continental y la zona oceánica en la zona de Perdido (noroeste del golfo de México) por medio de mediciones de la composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de distintas fracciones de tamaño de zooplancton (<500 , 500 - 1000 y 1000 - $2000 \mu\text{m}$) y de taxones selectos de organismos con tallas $>2000 \mu\text{m}$ (eufáusidos, larvas de peces y quetognatos,) y la caracterización de los patrones de circulación regionales. Las muestras de zooplancton se recolectaron con una red bongo de $333 \mu\text{m}$ con aros de 60 cm haciendo arrastres de 0 - 200 m . Se cubrieron dos transectos perpendiculares a la línea de costa durante los cruceros DWDE-1 (junio 2016), DWDE-2 (octubre 2016), DWDE-3 (abril 2017), DWDE-4 (noviembre 2017). Para evaluar cuales fracciones de tamaño de zooplancton reflejan la base de la cadena trófica se caracterizaron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de MOP de 8 (DWDE-3) y 6 (DWDE-4) profundidades. Esperamos que la conectividad esté influenciada por los patrones de circulación presentes durante cada crucero, los cuales están altamente influenciados por remolinos ciclónicos (originan valores de $\delta^{15}\text{N}$ enriquecidos) y remolinos anticiclónicos ($\delta^{15}\text{N}$ empobrecidos). Además los vientos denominados nortes durante los meses de octubre a febrero favorecen una corriente costera de norte a sur, y cuando no se presenta esta condición de vientos se puede observar una corriente costera que va de sur a norte. La MOP es indicativa de la fuente de nutrientes, por lo que los valores isotópicos de la MOP y de la fracción más pequeña del zooplancton deberán ser consistentes. Se espera que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las distintas fracciones de zooplancton nos indiquen el grado de conectividad entre la plataforma y la zona de aguas profundas, esperando valores más ligeros en las estaciones más cercanas a la plataforma favorecidos por la circulación hacia la costa, por el contrario con circulación hacia fuera de la costa, se espera observar valores de $\delta^{13}\text{C}$ enriquecidos a lo largo del transecto. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ nos indicarán el nivel trófico y la fuente de N, por lo que esperamos valores relativamente ligeros en estaciones con influencia de un remolino anticiclónico y valores relativamente pesados en estaciones con influencia de remolinos ciclónicos.

SE10-57 CARTEL

CONECTIVIDAD SUPERFICIAL DE PERDIDO A PARTIR DE DATOS LAGRANGIANOS REALES

Rodríguez Outerelo Javier y Pérez Bruniús Paula
Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California, CICESE
outerelo@cicese.edu.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 mayo de 2018. 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° de longitud 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. Como producto final se presentarán los patrones de conectividad de todo el Golfo de México obtenidos a partir de la base de datos de derivadores completa.

SE10-58 CARTEL

ESTADÍSTICAS LAGRANGIANAS DE DISPERSIÓN DE PARES DE PARTÍCULAS SUPERFICIALES EN LA REGIÓN DE PERDIDO, COMPARANDO OBSERVACIONES Y LAS TRAYECTORIAS DE UN MODELO NUMÉRICO

García Carrillo Paula, Rodríguez Outerelo Javier y Pérez Bruniús Paula
Centro de Investigación y Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
pgarcia@cicese.mx

Se ha realizado un análisis estadístico de pares de boyas de deriva, liberadas durante 2 campañas diferentes (abril y noviembre del 2017) en el Golfo de México, a razón de 15 tripletes en cada campaña. Se analizaron métricas dependientes del tiempo (dispersión y difusividad relativas) y dependientes de la distancia de separación entre pares (FSLEs y su difusividad, y función de estructura de segundo orden de la velocidad). Los resultados no muestran diferencias significativas entre ambas campañas, tanto a escalas temporales como espaciales, y en todos los casos se encuentran representados los regímenes teóricos de difusión. La dispersión como ejemplo muestra un crecimiento exponencial con el tiempo a escalas inferiores a 1 día (separación de pares relacionada con estructuras de pequeña escala). Se observa un crecimiento proporcional a t^3 hasta los 20 días (separación relacionada con estructura de mesoescala), y hasta 100 días, se produce un crecimiento lineal con el tiempo ("caminata aleatoria"). Para las métricas dependientes de la separación entre pares, solo a grandes escalas (mayores a 200 km) se observa

un buen ajuste con las pendientes teóricas, mientras que para escalas menores a 3 km el comportamiento difiere de la teoría. La difusividad relativa calculada para los datos de las campañas arroja valores de 105 cm²/s para escalas de 1 km de separación entre pares y de 108 cm²/s para las escalas espaciales de 100 km de separación. Finalmente, se presentarán los resultados de los mismos análisis estadísticos realizados sobre trayectorias integradas del campo de velocidades superficiales del modelo con asimilación HYCOM (con resolución temporal de una hora y espacial de 1/25 de grado) partiendo de la misma configuración inicial de lanzamiento de pares en ambas campañas, con el fin de comparar las estadísticas Lagrangianas obtenidas con los resultados numéricos con las observadas.

SE10-59 CARTEL

MICROSTRUCTURE OBSERVATION MESOSCALE FEATURES IN THE WESTERN GULF OF MEXICO

Molodtsov Sergey¹, Anis Ayal², Amon Rainer² y Pérez Brunius Paula³

¹Texas A&M

²Texas A&M Galveston

³CICESE

serg.molodtsov@gmail.com

Two missions, using an autonomous ocean glider equipped with a microstructure package, were implemented in the western Gulf of Mexico (GOM) during fall 2016 and fall 2017. The first mission targeted an anticyclonic loop-current eddy, the second a cyclonic eddy as well as a region of the steep continental slope in the western GOM. Microstructure shear and temperature data showed well defined patterns of turbulence kinetic energy (TKE) dissipation rates (#) unique for each of the areas targeted. The data collected in the eddies showed elevated # values at the edges of the eddies and in surface mixed layer (ML) of up to ~10-7 W/kg, while eddy core and depths below the ML had background levels of # ~10-10 W/kg. Elevated values of # of O (10-8) were also found at depths below ~700m along the steep continental slope compared to O (10-10) W/kg in the deep GOM. For the first time the maximum likelihood estimator (MLE) method was used on the glider shear data to estimate TKE dissipation rates. While MLE is commonly used for temperature microstructure data it was not widely applied to the shear measurements. Here, the MLE method was used to fit the theoretical Nasmyth spectra form to the observed microstructure shear. MLE estimates of # were found to be in better agreement than those estimated by integration of shear spectra when compared to # estimates from microstructure temperature.

SE10-60 CARTEL

CENSO OBJETIVO DE ANILLOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Andrade Canto Fernando¹, Beron-Vera Francisco J.² y Olascoaga María Josefina³

¹Instituto de investigaciones oceanológicas de la UABC, IIO

²Department of Atmospheric Sciences, RSMAS, University of Miami, Miami, Florida, USA.

³Department of Ocean Sciences, RSMAS, University of Miami, Miami, Florida, USA. andcanfer@gmail.com

La circulación del Golfo de México está dominada por la Corriente de Lazo (CL) y por los anillos (ACLs) que se desprenden de ella. Debido al importante papel que pueden tener en el transporte, los ACL son regularmente detectados a partir de sus huellas Eulerianas, utilizando la altura del nivel del mar (SSH) obtenida con altimetría satelital. Debido a la inherente dependencia del observador, la detección Euleriana de los ACLs tiene un halo de incertidumbre. Parámetros característicos de estos (radio, distancia recorrida, tiempo de vida, entre otros) llegan a ser inciertos. En consecuencia, construimos un censo de los ACLs usando una técnica de sistemas dinámicos que permiten la identificación objetiva de los ACLs (i. e. independiente del marco de referencia) lo que permite evaluaciones confiables de los anillos y parámetros adicionales de estos. Finalmente, los resultados de este censo se contrastan con los datos de los remolinos que se han detectado a partir de velocidades instantáneas obtenidas por SSH.

SE10-61 CARTEL

INTERCAMBIO HORIZONTAL ENTRE REMOLINOS DEL LAZO Y AGUAS CIRCUNDANTES

Sandoval Hernández Erika, Pérez Brunius Paula y Ochoa de la Torre José Luis

CICESE

akiresanher@yahoo.com.mx

Los remolinos de la Corriente de Lazo pueden atrapar material en su núcleo (sal, contenido de calor, momento, propiedades biogeoquímicas, plancton e incluso contaminantes), y trasladarlo al interior del Golfo de México, en donde eventualmente se dispersa y mezcla con las aguas circundantes. En este trabajo se busca determinar cuando ocurre el intercambio horizontal de agua del interior hacia el exterior para dos remolinos (Hadal y Kraken), los cuales interactuaron con diferentes campos mesoescalares del Golfo de México. Se caracterizó y se definió el límite de cada remolino combinando datos de altimetría y boyas de deriva. Después, se determinó cuando las boyas lanzadas en el interior salen de los remolinos. El tiempo de residencia de las boyas de deriva en el interior de los remolinos no está

correlacionado con la posición donde fueron lanzadas en el interior, sin embargo hay una ligera relación entre la edad del remolino y el tiempo de residencia en su interior. Se observó que la salida de boyas ocurre principalmente en presencia de lóbulos (deformaciones de los contornos de altimetría respecto a un círculo): de los 10 eventos en total solo en 2 casos las boyas salen en ausencia de lóbulos. Esto sugiere que la interacción con estructuras de mesoescala es la principal causa del intercambio horizontal del remolino con su exterior. Para comprobar que el flujo de mesoescala es el principal responsable del intercambio entre el remolino y sus alrededores, se mostrarán resultados preliminares con el uso de estructuras coherentes Lagrangianas obtenidas a partir del flujo geostrofico.

SE10-62 CARTEL

PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LA PLATAFORMA FRENTE A PERDIDO BAJO DIFERENTES CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y DE PRESENCIA DE ESTRUCTURAS DE MESOESCALA

Domínguez Guadarrama Alejandro¹, Romero Arteaga Angélica María², Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia², López Castillejos Julio² y García Nava Héctor²

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

²Universidad Autónoma de Baja California
adomingu@cicese.mx

La zona de Perdido en una región de gran interés debido al potencial de producción de petróleo. Por lo tanto, es importante entender los distintos patrones de circulación y el posible efecto de estos en la dispersión en caso de un derrame petrolero. Con el objetivo de entender la circulación costera en esa zona, se implementó un programa de medición de corrientes en la plataforma continental de Texas frente a la zona de Perdido de noviembre de 2016 a agosto de 2018. Para ello, se instalaron 8 perfiladores acústicos de corrientes tipo Doppler a profundidades promedio de 20 m, desde Corpus Cristi hasta Port Isabel. Usando mediciones de corrientes, presión y temperatura de esos instrumentos, datos de vientos de boyas superficiales y de ERA-Interim e información de altimetría, se hará una caracterización de los patrones de las corrientes para diferentes escenarios atmosféricos: nortes y suradas, brisas intensas y huracanes. Además, se compararán los patrones de corrientes condiciones de presencia o ausencia de estructuras de mesoescala en la zona. Se espera que este trabajo contribuya a mejorar la comprensión de la conexión de estas corrientes con la circulación costera del sur, frente a las costas de Tamaulipas.

SE10-63 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE UNA BATIMETRÍA DE ALTA RESOLUCIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN MODELOS DE CIRCULACIÓN OCEÁNICA

Pedraza-Díaz Angélica¹, Pedraza-Díaz Lucía¹, Zavala-Hidalgo Jorge¹, Ignacio González José² y Ochoa de la Torre José Luis²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CICESE

apedraza@atmosfera.unam.mx

Los datos batimétricos son importantes en muchos aspectos de la investigación oceanográfica, la administración y la planificación espacial de los entornos marinos y costeros y sus recursos. Aunque los datos batimétricos aún son escasos en muchas regiones, como en ciertas regiones del Golfo de México (GoM), se han realizado esfuerzos importantes para reunir datos batimétricos existentes y disponibles con el fin de ponerlos a disposición del público y que estos puedan usarse en investigaciones actuales. Por lo anterior, se construyó una batimetría de alta resolución del GoM para implementarla en modelos de circulación oceánica y en particular en el modelo oceánico de coordenadas híbridas (Hybrid Coordinate Ocean Model, HYCOM por sus siglas en inglés), como parte del trabajo de modelación oceánica del proyecto CIGOM. Para lo cual se analizaron siete diferentes batimetrías del GoM obtenidas de distintas fuentes de datos, con las cuales se realizó un análisis cualitativo de los diferentes productos. Se buscaron errores, diferencias y similitudes significativas entre los productos para elegir las secciones del GoM mejor representadas en cada uno de los conjuntos de datos batimétricos, también se realizó una comparación de estos datos con datos single-beam. Con las secciones elegidas se logró construir dos batimetrías del GoM con distintas resoluciones, una de 1/25 de grado y otra de 1/100 de grado. Los dos productos finales han sido implementados no solo en el modelo HYCOM, sino en los distintos modelos de circulación oceánica usados en el proyecto.

SE10-64 CARTEL

FRACCIONES DE MASAS DE AGUA EN EL GOLFO DE MÉXICO

Valencia Gasti Jose Augusto y Camacho-Ibar Víctor F.
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 augusto.valencia@uabc.edu.mx

Las masas de agua presentes en el Golfo de México (GoM) son transformadas por flujos de calor con la atmósfera y por su mezcla y redistribución durante su viaje desde el océano Atlántico y el mar Caribe, así como en el interior del mismo golfo. Su contribución y distribución en la región sur del GoM en verano de 2011 fue cuantificada mediante un modelo inverso de ecuaciones lineales de mezcla. Los tipos de agua que describen la naturaleza termohalina y química de las masas de agua en el interior del GoM fueron definidos a partir de datos del programa WOCE y CLIVAR del Caribe y el océano Atlántico. Tres tipos de agua estuvieron asociados con la capa de mezcla y siete tipos conformaron el agua entre la termoclina y la zona profunda. El remolino Hadal, en proceso de separación de la Corriente de Lazo (LC), modificó el patrón espacial de las fracciones de las masas de agua por el hundimiento de aguas de la termoclina y el agua intermedia. En esta estructura anticiclónica se encontraron las mayores fracciones del agua subsuperficial subtropical (SUW-60%) y la única fracción del agua superficial de origen tropical (TSW hasta el 30%) y fluvial que se mezcla con la SUW. Las aguas de la termoclina e intermedias ocuparon capas del interior del Golfo más superficiales en relación a las estaciones de la LC y Hadal, pero son modificadas por mezcla en >30% en relación a su características en el Caribe. Las aguas profundas de origen del Atlántico Norte (NADW) contribuyen en <40% dentro del GoM e indican la mezcla intensa en su viaje a través del Caribe y los pasajes hacia y dentro del Caribe. Las aguas profundas del Caribe son importadas hacia el sistema y ocupan las aguas profundas del Golfo >1200 db (fracción >80%).

SE10-65 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA DE SEDIMENTOS MARINOS EN AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

López Haydee, Covarrubias Briceida, Chong Robles Jennyfers,
 Magdalena Moncayo Dante y Lago Lestón Asunción
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
 hlopez@cigom.org

Los sedimentos marinos de aguas profundas son uno de los ecosistemas menos estudiados, en especial aquellos que proceden de aguas oligotróficas, como se considera el Golfo de México (GdM). La falta de conocimientos sobre las comunidades de microorganismos que habitan estos ecosistemas impide que se pueda predecir su respuesta ante posibles perturbaciones ambientales. Durante los cruceros oceanográficos XIXIMI-04, XIXIMI-05 V y XIXIMI-06 realizados por Consorcio de Investigación del Golfo de México (CiGoM), se colectaron muestras de sedimentos marinos de 19 estaciones distribuidas a lo largo del GdM, algunas de ellas se repiten entre los cruceros y otras son exclusivas de cada crucero. Se analizaron diferentes profundidades de la columna sedimentar para determinar la diversidad microbiana que existe en el GdM, analizando un total de 59 muestras diferentes. Las comunidades microbianas fueron caracterizadas utilizando la región V4 de gen 16S del rRNA. Se extrajo ADN de las muestras y posteriormente se analizaron mediante secuenciación de alto rendimiento. Se secuenció utilizando la tecnología Illumina en la plataforma MiSeq que existe en CICESE. El pre procesamiento de las secuencias se realizó con el software UPPARSE (Edgar, 2013) y el clustering y la generación de OTU's se hicieron con el software QIIME v 1.9 (Caporaso et al, 2010). Para la asignación taxonómica se utilizó la base de datos Silva 128 (Quast et al, 2013; Yilmaz et al, 2014 y Glöckner et al, 2017). La distribución de los microorganismos a través de los sedimentos superficiales (0 -10 cm) es bastante homogénea, en términos de abundancias y presencia de OTUs, a través de todas las estaciones. Dentro del dominio Bacteria, el filo de las Proteobacterias el más abundante, representado en su mayoría por la clase Gammaproteobacteria, seguido de los filos Acidobacteria, Planctomycetes y Chloroflexi. El dominio Arquea alcanza abundancias relativas de hasta un 40% y el filo predominante de las arqueas en estos sedimentos es Thaumarchaeota. A partir de los 30 cm de profundidad se empiezan a detectar diferencias en la composición taxonómica, específicamente dentro del dominio Arquea. En estos sedimentos existe una mayor diversidad microbiana, disminuye la presencia del filo Thaumarchaeota, y se detecta la presencia de los filo Lokiarchaeota y el Marine Benthic Group E. El filo Lokiarchaeota es el más abundante en estos sedimentos. Este grupo ha sido descrito recientemente en otros sedimentos alrededor del planeta y es considerado el eslabón más antiguo entre las células eucariotas y procariotas. Este es uno de los primeros estudios que comprende la caracterización de la diversidad microbiana de los sedimentos marinos de la zona mexicana del Golfo de México.

SE10-66 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE LOS MICROBIOMAS PRESENTES EN LOS SEDIMENTOS DE LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS DEL GOLFO DE MÉXICO

Barcelos Clara, Chong Robles Jennyfers, Magdalena Moncayo Dante y Lago Lestón Asunción
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE
 cbarcelos@cicese.edu.mx

Aproximadamente el 70% del planeta está cubierto por aguas oceánicas, y la mayoría del suelo marino que esta agua cubre contiene sedimentos que se han ido acumulado a lo largo de escalas de tiempo geológicas, convirtiendo a los sedimentos en el reservorio de carbono orgánico más grande de la tierra. Los sedimentos se caracterizan por mantenerse a bajas temperaturas y presiones elevadas y por tener un alto porcentaje de materia orgánica recalcitrante, por lo que se consideraban, en muchos casos, un ambiente demasiado extremo para la vida. Actualmente se sabe que las bacterias y arqueas que los habitan son capaces de sobrevivir con flujos de energía muy limitados. Sin embargo, el cultivo de la mayoría de estas especies no ha sido exitoso impidiendo conocer sus funciones y sus características principales. El objetivo de este trabajo fue la identificación del microbioma de muestras procedentes de 18 estaciones de las regiones de Perdido y Coatzacoalcas a diferentes profundidades. La identificación se realizó mediante la secuenciación de la región V4 del gen 16S de ARNr usando la estrategia de Kozich et al. (2103) en la plataforma de secuenciación MiSeq de Illumina. El pre-procesamiento de las secuencias se realizó usando la herramienta USEARCH y el análisis de los más de 2 millones de secuencias obtenidas se realizó con el pipeline de QIIME. La agrupación de los OTU se realizó al 97% de identidad usando el método de referencia abierta y la base de datos SILVA128. Los resultados muestran que los filo predominantes son: Proteobacteria (32%), Crenarchaeota (15%), Planctomycetes (13%), Acidobacteria (8%) y Chloroflexi (8%). Sin embargo, a mayor profundidad se incrementa la abundancia de Crenarchaeota y hay una marcada disminución de las especies de Planctomycetes. Esto puede deberse a que las Arqueas están mejor adaptadas para vivir en ambientes hostiles al tener menor permeabilidad en sus membranas y por lo tanto un menor gasto energético. De los OTU identificados, solo 55 se pudieron identificar en todas las estaciones. El orden más abundante en la mayoría de las estaciones es el de los Crenarchaeales seguido de los Thiotrichales, NB1-j y Rhodospirillales. La mayoría de los microorganismos identificados son quimiolitotróficos, amoniac/nitrato-oxidantes, lo que sugiere que están relacionados con los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el carbono. La presencia de bacterias reductoras de sulfatos (Desulfobacterales) en la estación D18 sugiere que sus características fisicoquímicas son distintas al resto de las estaciones. Además, el orden predominante en esta estación fue GCA004, que se ha descrito previamente en filtraciones de hidrocarburos. La generación de conocimiento sobre estos ambientes es necesaria para el entendimiento completo de las interacciones entre la biosfera y geosfera y para el mejoramiento de los modelos de predicción de cambios globales, así como de la búsqueda de productos de interés biotecnológico.

SE10-67 CARTEL

COMPOSICIÓN ELEMENTAL E ISOTÓPICA DE LOS SEDIMENTO Y EDADES RADIOCARBONO EN LOS TALUDES Y LLANURA ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa, Herguera Juan Carlos y Ferreira Vicente
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 ycontrer@cicese.edu.mx

Se presentan los resultados de muestras de sedimentos de los taludes y llanuras abisales del golfo de México obtenidos a partir de núcleos extraídos durante las campañas oceanográficas de XIXIMI 1-2-3-4-5 y 6, 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, así como de sus tasas de sedimentación derivadas a partir de dataciones de radiocarbono. Se utilizaron 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 transferencia al fondo de la cuenca, su utilización 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 de México.

SE10-68 CARTEL

COMPOSICIÓN ELEMENTAL E ISOTÓPICA DEL CARBONO Y NITRÓGENO ORGÁNICOS EN LA COLUMNA DE AGUA LA REGIÓN DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa, Herguera Juan Carlos y Bobadilla Doreny
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 ycontrer@cicese.edu.mx

Se presentan los resultados del contenido del carbono orgánico en la columna de agua en la región de aguas profundas del golfo de México obtenidos durante las campañas oceanográficas de XIXIMI 4, 5 y 6, con el objetivo de caracterizar los patrones de distribución de sus concentraciones y sus composiciones isotópicas de C y N. Los resultados de este estudio muestran los patrones de variabilidad espacial de las abundancias relativas de carbono y nitrógeno orgánico y sus composiciones isotópicas y la relación C/N. Estos resultados nos permiten evaluar la importancia de las distintas fuentes de carbono, continentales y marinas, así como del nitrógeno, de su origen subsuperficial o de fijación de N en superficie, que nos ayuden a entender los diferentes controles de la producción biológica en la superficie, así como sobre los procesos de transferencia y su reciclado en la columna del agua.

SE10-69 CARTEL

CONTENIDO DE HIDROCARBUROS EN PECES DEL MAR PROFUNDO DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Alexander-Valdés Héctor M., Gracia Adolfo, Ortega-Tenorio Patricia, Frausto-Castillo José Antonio y López-Durán Itzel M.
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 hector@cmarl.unam.mx

La concentración de hidrocarburos en tejido muscular de los peces se determinó en varias especies de peces como Merluza Blanca (*Merluccius albidus*), Bacalao barba corta (*Laemonema barbatulum*), chile espinoso (*Saurida normani*, *Saurida caribbaea*) *Malacocephalus leavis*, Merluza barbona (*Urophycis cirrata*), Huachinango navaja (*Pristipomoides aquilonaris*), Bathygads melanobranchus, Higrolagus mirabilis y Sinagrops bellus en la costa de Veracruz y Tabasco. La concentración promedio de hidrocarburos totales registrados en peces fue de 10404.58 µg/kg, con un máximo de 56357.59 µg/kg reportado en huachinango navaja (*Pristipomoides aquilonaris*) en SOGOM 1. En SOGOM 2 el máximo de hidrocarburos totales fue de 6257.22 µg/kg registrado frente a las costas de Tabasco al oeste de las plataformas petroleras. El análisis histológico comprendió un total de 26 organismos para la Campaña Oceanográfica SOGOM 1 y 29 para la campaña SOGOM 2. Las especies más representativas fueron *Merluccius albidus* y *Laemonema barbatulum*, en ambas campañas. El 83% de los tejidos de gónadas se encontraron sanos y el 17% restante presentó alguna patología. La patología más común fue atresia que puede deberse a residuos de petróleo, compuestos organoclorados, hidrocarburos aromáticos o bifenil policlorinatos (PCB); así como a la cantidad de alimento. En ambas campañas, el 11% de los tejidos hepáticos se encontraron sanos y el 89% restante presentó alguna patología. Las patologías en los hígados de los peces analizados pueden deberse tanto a la influencia de metales como de hidrocarburos por lo que se requiere continuar con estudios para determinar los agentes causantes de dichas lesiones.

SE10-70 CARTEL

ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DEL OLEAJE EN MARES MEXICANOS Y CONFORMACIÓN DE UN ATLAS PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Navarro René, Osuna Pedro y Ocampo Torres Francisco Javier
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 gnavarro@cicese.edu.mx

Se muestran los principales resultados del Atlas de Oleaje para el Golfo de México, así como una descripción climatológica, el análisis de los valores extremos y de las diferentes tendencias de los principales parámetros del oleaje regional. Se incluye la descripción de los patrones espaciales dominantes y su comparación con los resultados de diferentes escenarios de cambio climático (rcp4.5 y rcp8.5). Para este análisis se utilizaron los resultados de una implementación global del modelo de oleaje WAVEWATCH-III para el período de 1979 a 2009. Para la comparación y validación de dicha implementación se utilizaron datos de altimetría y observaciones in situ de boyas de la 'National Data Buoy Center' de la NOAA. Adicionalmente, se utilizaron algunas variables de la base de datos de IOWAGA-IFREMER para complementar el análisis. Los resultados de los diferentes escenarios de cambio climático se obtuvieron de la base de datos 'CAWCR Global wind-wave 21st Century Climate Projections' para el período de 2070-2100. La estimación de los diferentes estadísticos se hizo de acuerdo a las recomendaciones dadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y el 'Coordinated Ocean Wave Climate Project' (COWCLIP). Particularmente el Golfo de México está dominado por la presencia de 'swell' dado al débil régimen de viento en la región. La variabilidad estacional del oleaje y el viento es principalmente anual (90% de la varianza), con máximo a principios de año y el mínimo durante verano. La probabilidad de

ocurrencia de valores extremos se concentra al norte del golfo. Finalmente, los patrones del oleaje de ambos escenarios de cambio climático son cualitativamente similares a las condiciones actuales. Sin embargo, se observa una intensificación de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos y de la intensidad de estos. Los resultados de esta investigación fueron desarrollados en el marco del Proyecto CIGOM, particularmente como parte del subproyecto 'Modelo acoplado oleaje-corrientes e impacto en la dispersión de hidrocarburos' de la Línea 3: Modelos numéricos de circulación y biogeoquímica.

SE10-71 CARTEL

VALIDACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO DE OLEAJE PARA MÉXICO

Hernández-Siade Alma Tatiana, Gómez-Ramos Octavio y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 tatiana.siade@ciencias.unam.mx

El oleaje intenso es un fenómeno que afecta el desarrollo de las actividades marítimas y puede, incluso, poner en riesgo la seguridad de los asentamientos humanos cercanos a las costas. Bajo esta premisa se desarrolló un sistema de pronóstico de oleaje con fines de alertamiento. El modelo de oleaje utilizado fue el WAVEWATCH III, el cual se implementó para el océano mundial con anidamientos en el Golfo de México y el Pacífico mexicano. El desempeño del modelo fue evaluado para el Golfo de México comparando las salidas del modelo contra datos de cinco boyas del National Data Buoy Center de EE. UU. La evaluación se realizó para las variables de altura significativa, periodo y dirección de oleaje. Para las primeras dos variables se obtuvieron el sesgo, la raíz del error cuadrático medio, el error no sistemático y el coeficiente de correlación de Pearson; mientras que para la dirección se obtuvieron el sesgo angular y el coeficiente de correlación compleja. Los resultados mostraron que los valores pronosticados por el modelo se ajustan muy bien a las observaciones en las primeras 48 horas de simulación. Los promedios mensuales de los estadísticos muestran que el pronóstico, en general, tiene un buen desempeño. Para la variable de altura significativa los valores absolutos de sesgo van de 0 a 0.12 m, el coeficiente de correlación va de 0.63 a 0.89 y los valores del índice de concordancia van de 0.45 a 0.78. Se presentan también los valores para el periodo y la dirección de oleaje.

SE10-72 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DEL CLÚSTER OMETEOTL EN EL CCA-UNAM

Oropeza-Alfaro Pavel, Cruz-Santiago Pedro, Herrera-Mora Dulce, Zavala-Hidalgo Jorge y García Agustín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 poropeza@atmosfera.unam.mx

Se realizó la instalación e implementación de un cluster de supercómputo, clúster Ometeotl, en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM como parte del proyecto CIGOM. Este equipo, al igual que la infraestructura que lo acompaña, permite el desarrollo de modelado atmosférico y oceánico, así como la ejecución de sistemas de pronóstico operacionales de eventos extremos y uso cotidiano basados en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas y oceanográficas. Ometeotl actualmente cuenta con 1360 núcleos, con una capacidad de procesamiento en conjunto de 42 Tflops. Las comunicaciones internas entre los componentes de Ometeotl por medio de la tecnología Infiniband permitió la implementación de un sistema de almacenamiento LUSTRE (performance storage) con capacidad mayor a los 200 TB. La instalación de Software especializado, gestión de recursos y usuarios, así como la optimización de la ejecución de los modelos y pronósticos (monitoreo y supervisión) son tareas que están en continuo desarrollo y mejora lo que ha permitido la implementación de modelos atmosféricos y oceánicos en el desarrollo del proyecto antes mencionado.

SE10-73 CARTEL

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

Se realizó un análisis de los flujos de calor superficiales entre la atmósfera y el océano en el Golfo de México utilizando las salidas del modelo WRF e información satelital de los años 2005 a 2016. Se analizó la variación anual del flujo neto de calor, usando datos de flujo neto de onda corta, flujo neto de onda larga, flujo de calor latente y flujo de calor sensible. El promedio anual del flujo neto de calor muestra que el Golfo de México pierde calor en la zona noroeste y cerca de las costas de Florida y gana calor en la zona oeste, principalmente en la península de Yucatán. El flujo neto anual, calculado con los datos de modelo, es de 16.5 W/m², mientras que el obtenido con datos satelitales de 10.9 W/m², para el año 2009. Se analizan las variaciones interanuales de los flujos de calor, se observan algunas anomalías en el mes de

junio y noviembre. La primera probablemente debida a la nubosidad y la segunda asociada a eventos meteorológicos extremos, como frentes fríos y huracanes.

SE10-74 CARTEL

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE UN PRONÓSTICO METEOROLÓGICO PARA MÉXICO

Robles Muñoz Daniel, Hernández-Vargas Giselle, Calva-Chávez Miriam Alin, Romero-Centeno Rosario, Zavala-Hidalgo Jorge, López Espinoza Erika Danaé y Gómez-Ramos Octavio
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
danep@ciencias.unam.mx

Se evaluó el desempeño del pronóstico de temperatura, viento y precipitación del modelo Weather, Research and Forecasting (WRF) de un sistema de pronóstico operacional para México y zonas aledañas. La evaluación se realizó analizando pronósticos a 5 días para todos los días del año 2015 utilizando observaciones en tierra (Estaciones meteorológicas automáticas) y en el océano (National Data Buoy Center). De la simulación se tomaron las 120 horas de pronóstico y se evaluaron en periodos de 24 horas (0-23, 24-47, 48-71, 72-95 y 96-119). Se obtuvieron diferentes estadísticos para determinar la calidad del pronóstico y se generaron los datos para una incluir un rango de incertidumbre en algunas salidas del pronóstico operativo y una corrección por sesgo. Se hizo una selección de sitios para la evaluación que incluye una inspección gráfica del comportamiento del modelo contra las observaciones, cálculo de estadísticos, mapas de error cuadrático medio y barras de incertidumbre. Finalmente, se hizo una breve discusión de los resultados obtenidos.

SE10-75 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE USO DE SUELO DE LAS SERIES DE INEGI EN EL MODELO WRF

Rivera-Martínez Saulo Leonardo, Pineda-León Roberto, Osorio-Tai María Elena y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
saulo.rivera@atmosfera.unam.mx

El uso de suelo es una información utilizada en modelos de pronóstico meteorológico como el Weather Research and Forecasting model (WRF) que influye en los flujos de energía que forman parte del sistema terrestre. El modelo WRF tiene dos insumos de uso de suelo, que fueron obtenidos mediante tecnología de percepción remota en dos épocas distintas, lo que ocasiona que los cambios que van ocurriendo en la superficie terrestre con el paso del tiempo, estén subrepresentados. Tomando en cuenta la problemática que presenta la información de uso de suelo estática, se realizó un análisis de la influencia del cambio de uso de suelo en el modelo WRF, utilizando una base de datos creada a partir de las Series de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Se analizaron variables como viento y precipitación, intercambiando el uso de suelo, relacionando los cambios en el uso de suelo con las variaciones en las variables estudiadas

SE10-76 CARTEL

GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE UNA SIMULACIÓN DE 39 AÑOS CON EL MODELO WRF

Pineda-León Roberto, Osorio-Tai María Elena, Rivera-Martínez Saulo Leonardo, Romero-Centeno Rosario, Zavala-Hidalgo Jorge, Meza Carreto Jaime, Calva-Chávez Miriam Alin, Pedraza-Díaz Lucía y Villa-Guerrero Arantxa
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
leon@atmosfera.unam.mx

Se realizó una simulación para un periodo de 39 años (1979-2017) con el modelo WRF; teniendo un dominio con una resolución horizontal de 10 km, 30 niveles en la vertical, y empleando como cobertura de vegetación las series I-V de uso de suelo y vegetación de INEGI. De esta simulación se salvaron en total 142 variables, las cuales se dividieron en archivos NetCDF horarios de 1.2 Gb, trihorarios de 1.8 Gb, quincenales de 417 Mb, y anuales de 11 Mb. A partir de los cuales se generó una base de datos, teniendo un directorio por cada año de simulación. Dentro de cada directorio anual se encuentran almacenados los archivos NetCDF correspondientes a ese año de simulación. Se genera toda la documentación necesaria para su uso.

SE10-77 CARTEL

ESTADÍSTICA DE CICLONES TROPICALES QUE AFECTAN EL GOLFO DE MÉXICO

Zavala-Hidalgo Jorge, Osorio-Tai María Elena, Romero-Centeno Rosario, Pineda-León Roberto, Rivera-Martínez Saulo Leonardo y Pedraza-Díaz Angélica
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jzavala@atmosfera.unam.mx

El Golfo de México (GoM) es una de las regiones en el planeta más afectadas por fenómenos meteorológicos extremos, tanto por la frecuencia con que ocurren, como por su intensidad. Con base en el reanálisis de las condiciones atmosféricas sobre el GoM, realizado como parte del proyecto CIGOM y la base de datos HURDAT2

se estudia la climatología, ciclo estacional y variabilidad interanual de los ciclones tropicales en el GoM. Se discute su impacto en la circulación del GoM.

SE10-78 CARTEL

ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE NORTE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Osorio-Tai María Elena, Zavala-Hidalgo Jorge, Romero-Centeno Rosario, Pineda-León Roberto y Rivera-Martínez Saulo Leonardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tai@atmosfera.unam.mx

El Golfo de México (GoM) es una de las regiones en el planeta más afectadas por fenómenos meteorológicos extremos, tanto por la frecuencia con que ocurren, como por su intensidad. Con base en el reanálisis de las condiciones atmosféricas sobre el Golfo de México, realizado como parte del proyecto CIGOM, se estudia la climatología de Nortes en el GoM. Se cuantifican el número de nortes y su intensidad en diferentes sitios del GoM, su variabilidad estacional e interanual, las regiones de mayor impacto y su penetración hacia el sur.

SE10-79 CARTEL

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE BAJO CONDICIONES DE COMBUSTIÓN DE HIDROCARBUROS SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR

Turrent Cuauhtémoc¹, García Agustín², Domínguez Guadarrama Alejandro³, Mendoza Alejandra⁴ y Villanueva Ismael⁵

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

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, CCA UNAM

³CICESE, Departamento de Oceanografía Física

⁴UNAM

turrentc@cicese.mx

Se analizan diferentes casos de estudio con el propósito de validar un sistema de pronóstico de la calidad del aire para el golfo de México basado en el modelo WRF-Chem. En particular, se muestra la capacidad que tiene el pronóstico para calcular la evolución de plumas de contaminantes atmosféricos asociados a la combustión intencional y controlada de hidrocarburos sobre la superficie del mar, bajo diferentes condiciones meteorológicas. El sistema hace uso de un modelo de plumas que fue desarrollado para mejorar la estimación de las emisiones asociadas a incendios forestales, pero que ha sido modificado para representar adecuadamente los flujos de calor asociados a la combustión de hidrocarburos. Se presentan comparaciones entre los resultados numéricos y las observaciones disponibles para diversos casos de estudio, incluyendo el caso del derrame de la plataforma Deepwater Horizon en 2010 cuya mitigación incluyó aproximadamente 400 incendios controlados sobre la superficie del mar de diferentes tamaños.

SE10-80 CARTEL

DETECCIÓN Y ESTADÍSTICA DE REMOLINOS EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO (REGIÓN DE PERDIDO, TAMAULIPAS - TEXAS). UTILIZANDO MÉTODOS LAGRANGIANOS

Bello Fuentes Fernando, García Nava Héctor y Andrade Canto Fernando
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
fernandofb@hotmail.com

La circulación superficial de la región profunda del Golfo de México (GoM) está dominada por los Remolinos de Mesoscala liberados de la Corriente del Lazo (LCE). Dichos remolinos tienen una extensión entre 200 y 300 km, y se propagan hacia el oeste entre las latitudes 24° y 26° N. La mayoría de los LCEs interactúan con la topografía y aquellos que impactan con el talud continental desarrollan un papel importante en la generación de corrientes. La circulación oceánica del noroeste del GoM, además de la influencia de los LCEs, se caracteriza por la presencia de remolinos ciclónicos y anticiclónicos de menor escala y con una gran diversidad de tamaños y períodos. Estos remolinos han sido descritos utilizando diversas fuentes de información y se sabe que ocasionalmente su interacción con la topografía de la plataforma oeste del GoM, puede generar otros remolinos, creando dipolos o tripolos; sin embargo, se conoce poco sobre la permanencia y la frecuencia de estos eventos. Particularmente, en la región de Perdido (frente a la costa de Tamaulipas, México y Texas, USA) se conoce poco sobre la ocurrencia y características de los vórtices presentes en esta área. En este estudio se realiza la detección y caracterización de los vórtices presentes en la región Noroeste del GoM y se presenta la estadística espacial y temporal de los remolinos entre las longitudes 97° a 94° W y latitudes 25° a 29° N. Para la identificación de los remolinos se utiliza la definición de vórtice Lagrangiano rotacionalmente coherente y, como método de detección, se utilizan las Desviaciones Lagrangianas de Vorticidad Promediada (Lagrangian Averaged Vorticity Deviation). Para el análisis se utilizan datos de corrientes geostrofas derivados de altimetría de AVISO para el período de 1993 al 2013, la resolución espacial es de ¼ de grado por lo que solo se detectan vórtices con diámetros mayores a 75 km. Los resultados obtenidos se discuten contrastando la ocurrencia y las características de los vórtices ciclónicos y anticiclónicos detectados.

Sesión especial

PLANETA TIERRA Y LAS CIENCIAS DE LA TIERRA - GEOFÍSICA 100 AÑOS

Organizadores:

Jaime Urrutia Fucugauchi

Alik Ismail-Zadeh

Ligia Pérez-Cruz

Kathryn Whaler

SE11-1

INTERNATIONAL COOPERATION IN EARTH AND SPACE SCIENCES: FROM THE PAST TO THE FUTURE

Ismail-Zadeh Alik
Karlsruhe Institute of Technology
alikh.ismail-zadeh@kit.edu

Since the beginning of the 20th century international scientific unions together with national scientific bodies (academies and research councils) have been coordinating and promoting international efforts in various scientific fields, including Earth and space sciences. Hundred thousand of scientists from many nations and specific scientific disciplines have developed ways of cooperation through national, regional and international unions, associations and societies and learned how to work together to promote basic sciences. International scientific unions and associations helped to initiate, develop, and implement international cooperative programs, research and education tools, scientific standards, and contribute to science for policy. Established in 1919, IUGG is dedicated to initiating, promoting and coordinating international scientific studies and observations of the Earth and its environment in space. These (physical, chemical, and mathematical) studies include the shape of the Earth; its gravitational and magnetic fields; geodynamics; Earth's surface, internal structure, composition, tectonics, and seismology; magma generation; volcanism and rock formation; the hydrological cycle; all aspects of the oceans, the atmosphere, cryosphere, ionosphere, magnetosphere and solar-terrestrial relations; and analogous problems associated with the Moon and other planets of the Solar system. IUGG encourages the application of this knowledge to societal needs, such as the mitigation of impacts from natural hazard events, the sustainable use of energy and mineral resources, and environmental preservation. IUGG as well as other international geoscientific unions (geounions) played a significant role in promotion of geoscience via international cooperation for the last century. Geounions play an important regulatory role in geoscience, particularly in establishing terms and conditions for international cooperation, setting scientific standards and nomenclatures, preparing universal tools, among other aspects. Geounions bring state-of-the-art science to less-affluent countries through capacity building, linking scientists to programmes of intergovernmental organisations, international scientific agendas, policies, recommendations, and guidelines. The current (future) mission is to foster basic geosciences and to make use of science for society through international scientific cooperation. The application of geoscience to societal needs requires coordinated efforts between geounions and cooperation with stakeholders including professional societies and intergovernmental organisations. The importance of scientific understanding to society has never been greater, as humanity faces with the problems of living sustainably on our planet. The ISC, created in 2018 by the merger of the International Council for Science and the International Social Science Council, brings together natural and social scientists and more than 180 national and international scientific organizations. It is designed to defend the inherent value of science using all means of science policy and diplomacy, providing powerful and credible voice of science at times when it has become harder for the scientific voice to be heard. ISC will strengthen international, interdisciplinary collaboration, supporting scientists to contribute solutions to complex and pressing matters of global public concern. It will advise decision makers and practitioners on the use of science in achieving ambitious agendas such as Sustainable Development Goals, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, and Paris Agreement on Climate Change, promoting science diplomacy at all levels and encourage open public engagement with science.

SE11-2

CHALLENGES AND PERSPECTIVES OF INTERNATIONAL COLLABORATION IN THE EARTH SCIENCES

Urrutia Fucugauchi Jaime¹ y Pérez-Cruz Ligia²
¹Federación de Sociedades Científicas de México FESOCIME
²Unión Geofísica Mexicana
juf@geofisica.unam.mx

Earth sciences research increasingly requires global inter- and multi-disciplinary approaches. Studies on Earth System components and processes with analyses on the increasing demands of mineral and energy resources, climate change, population growth, demographic changes and the global impact of human activities emphasize the interconnected nature of Planet Earth and the importance of international collaboration. International research collaboration is key to address the challenges and for further development of Earth sciences research and education. The Centennial Anniversary of the International Union of Geodesy and Geophysics provides an opportunity to reflect and discuss research and education of the geosciences in a global context. This analysis is particularly important for developing countries, where international collaboration programs and new initiatives for promoting and strengthening scientific cooperation are urgently needed. Of particular relevance in the analyses and discussions is the role of scientific societies in international collaboration. Societies organize meetings, publish journals and books and promote cooperation through academic exchange activities. The societies can support the academic communities in developing countries, providing and facilitating access to scientific literature, participation to international meetings, short and long-term stays and student and academic mobility. What else can be done? Scientific societies must be further involved

in research and education and collaboration initiatives. Developing countries face challenges with limited resources and social and political problems, requiring improved educational and research programs and capacity building programs, infrastructure and human resources. These efforts require well structured strategic long-term plans, identifying major problems and needs. What are the limitations and needs in research and postgraduate education in developing countries? What and how should international collaboration do? What are the roles of individuals, academic institutions, funding agencies and scientific societies? Here we attempt to examine these questions, focusing on examples from developing and less developed countries. We concentrate on current situation, challenges, size and characteristics of research community, education programs, facilities, economic support, and bilateral and multinational collaborations, and on the perspectives for future development in an international context.

SE11-3

EL PLANETA TIERRA Y LOS VOLCANES: ESPECTÁCULO Y TRAGEDIA

Capra Lucia
Centro de Geociencias UNAM, CGEO
lcapra@geociencias.unam.mx

Los volcanes representan un fenómeno natural que desde siempre ha sido objeto de culto para el hombre, de atracción por la espectacularidad de su actividad, pero al mismo tiempo de temor por el impacto devastador de sus erupciones. La vulcanología representa uno de los campos de investigación más desarrollado a nivel internacional, sin embargo cada década hay un elevado número de muertes, como muy recientemente ha ocurrido en el Volcán de Fuego, Guatemala. Se estima que alrededor de 250,000 personas murieron durante los últimos dos siglos como consecuencia directa de las erupciones volcánicas y que, de éstas, casi 26,000 se registraron en las últimas dos décadas, sobre todo en los países en vía de desarrollo. Lo anterior indica que todavía hay regiones muy vulnerables ante este tipo de fenómeno natural, y que es necesario realizar acciones para mitigar sus efectos. Durante tragedias como la de Guatemala, la comunidad científica internacional ha respondido rápidamente formando unidades de crisis sobre diferentes frentes, desde la generación en menos de 24 horas de mapas de afectación para actividades de rescate en las poblaciones afectadas, instalación de instrumentación temporal para monitoreo continuo de la actividad, hasta mapas de peligros "en tiempo real" para definir las posibles zonas de afectación dependiendo de los cambios observados en el volcán o por la ocurrencia de posibles fenómenos secundarios como los lahares. La evaluación y gestión del riesgo volcánico son temas prioritarios a nivel científico, económico y político. Es imprescindible comprender, cuantificar y comunicar los peligros, el alcance y la probabilidad de que ocurran y evaluar sus impactos y las vulnerabilidades sociales que se crean a mediano y largo plazo. Es necesario impulsar investigaciones hacia la vulcanología aplicada e interdisciplinaria y crear una estrecha relación entre la investigación y las organizaciones gubernamentales que son responsables de la toma de decisiones y de la propuesta de políticas para la reducción del impacto de los peligros volcánicos en la sociedad.

SE11-4 CARTEL

THE MÉXICO IUGG NATIONAL COMMITTEE: RECENT PAST AND FUTURE ACTIVITIES

Santoyo García Galiano Miguel Angel
Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
santoyo@igeofisica.unam.mx

We present the recent past, and future activities of the Mexico National Committee conformed by the 8 IUGG associations: IACS, IAG, IAGA, IAHS, IAMAS, IAPSO, IASPEI and IAVCEI. We also present to seek the possible candidacy of Mexico to organize the 2023 general assembly. To do this we will prepare a document including all the requirements necessary for this end.

Sesión especial

PALEOCLIMAS Y CAMBIO GLOBAL

Organizadores:

Ligia Pérez-Cruz

Abdel Sifeddine

SE12-1 PLÁTICA INVITADA

INVESTIGACIÓN PALEOCLIMÁTICA Y PALEOMBIENTAL EN CHALCO: AVANCES Y RETOS

Lozano-García María del Socorro¹, Caballero Margarita²,
Ortega Guerrero Beatriz³, Brown Erik⁴ y Grupo Mexidrill⁵

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geofísica, unam.mx

⁴University of Minnesota, Duluth

⁵University of Pittsburgh; University of New Mexico; Instituto Pirenaico de Ecología;
Technical University of Braunschweig; Universidad de Tecnología, Gußhausstr
mslozano@unam.mx

La información sobre los climas pasados se preserva en las secuencias sedimentarias continentales. La cuenca de Chalco, localizada junto a la megalópolis de la Cd. de México, contiene un registro sedimentario excepcional, ya que en pocos sitios del mundo se preservan secuencias con la profundidad, temporalidad y continuidad de Chalco. Es por ello que seleccionamos este sitio de estudio para realizar perforaciones que han alcanzado progresivamente mayor profundidad, de los 26 m de la secuencia inicial recuperada en 1989 hasta 500 m de las secuencias recuperadas en 2016 por el proyecto Mexidrill-Chalco (ICDP-UNAM-NSF). Se presenta una síntesis de los avances logrados en las investigaciones paleoclimáticas y paleoambientales realizadas en el lago de Chalco durante las últimas décadas, los cuales incluyen: i) datos de polen, diatomeas, geoquímica, tefras marcadoras y susceptibilidad magnética de la sección superior del registro sedimentario de Chalco contribuyendo al entendimiento sobre la variabilidad climática en escalas orbitales y milenarias en el centro de México durante los últimos 40,000 años. ii) datos paleoecológicos, de susceptibilidad magnética, tefras marcadoras y características litológicas que han permitido documentar la variabilidad climática en escalas orbitales de los últimos 150,000 años, en particular aportando datos sobre la transición del MIS 6 al MIS 5 y el clima durante el MIS 5e. iii) datos preliminares de la estratigrafía de la secuencia Mexidrill-Chalco, con 520 m de profundidad máxima en la secuencia maestra, la cual ha sido establecida con base en la descripción y documentación de los sedimentos recuperados (1200 m totales) de tres de los pozos paralelos; los primeros 300 m corresponden a sedimentos lacustres con intercalaciones de materiales volcánicos y por debajo los sedimentos son principalmente volcanoclasticos. El fechamiento preliminar de la secuencia maestra y las correlaciones con secuencias anteriores indican que la sección lacustre de los primeros 300 metros abarca 350,000 años. Los estudios multiproxy que se están llevando a cabo en esta secuencia, ofrecerán datos sobre la variabilidad climática en escalas orbitales y milenarias, cambios en temperatura y precipitación/evaporación, las respuestas de la vegetación ante los cambios climáticos y la evolución de los ecosistemas terrestres y acuáticos, en la región tropical de altura de Norteamérica. Grupo Mexidrill: Valero-Garcés, B., Werne, J., Fawcett, P., Schwalb, A., Schnurrenberger, D., O'Grady, R., Stockhecke, M., Pérez, L., Steinman, B., Cabral-Cano, E., Caballero, C., Sosa-Nájera, S., Soler, A.

SE12-2

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DE SAYULA ENTRE LOS 51,480-6,640 AÑOS CAL. AP: DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN Y EL CUERPO DE AGUA

Rodríguez Pérez Erandi Tzayani¹, Lozano-García María del Socorro² y Metcalfe Sarah³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología

³University of Nottingham

10ventanas@gmail.com

La subcuenca de Sayula (19°54'-20°10'N y 103°27'-103°36'O) en el Estado de Jalisco, se encuentra en el límite occidental de la FVTM, donde la precipitación se origina principalmente por el Monzón Norteamericano. El núcleo SAY-07-01, de 20 m de longitud fue obtenido en el lago de Sayula. El modelo de edad basado en 17 fechas isotópicas y de luminiscencia estima una edad de 82,390 años cal. AP para la base de la secuencia. El análisis palinológico y de las partículas de carbón de los sedimentos lacustres de este núcleo permitieron reconstruir las condiciones paleoambientales, documentando los cambios de la vegetación y el cuerpo de agua, así como los eventos de incendio en el sitio entre los 51,480 y 6,640 años cal. AP. Para el MIS 3 se reconstruyen condiciones húmedas con variaciones y la presencia de bosques de Quercus, Quercus-Pinus y comunidades riparias. Entre 43,280-41,870 años cal. AP, se registra una de las mayores sequías para el sitio. El MIS 2 presenta condiciones contrastantes. Entre los 27,180 y 24,650 años cal. AP predominan las condiciones húmedas fluctuantes, la presencia de comunidades vegetales cerradas y un lago menos somero que el actual. Posteriormente, las condiciones se vuelven menos húmedas. Durante el UMG se registra la presencia de bosques de coníferas abiertos en un ambiente más frío y seco. Alrededor de los 18,000 años cal. AP se reconstruye la presencia de un lago muy somero y se reporta una mala preservación del material polínico que dificulta la correcta interpretación de la dinámica de la vegetación regional para el MIS 1. El estudio de las partículas de carbón indica que la ocurrencia de los eventos de incendio está relacionada con periodos secos en la subcuenca. La insolación de primavera e invierno mostraron una relación negativa con los indicadores de precipitación en la cuenca. Dicha

relación y la presencia de condiciones secas durante el UMG cuestionan la hipótesis de una mayor influencia de los vientos del oeste en el centro de México para el último periodo glacial. En contraposición, la insolación de verano mostró una relación positiva con los indicadores de la precipitación en la cuenca. Para el Holoceno, cuando la temperatura a nivel global aumento, la disponibilidad de la humedad en la cuenca se vio fuertemente influenciada por un aumento en las tasas de evaporación.

SE12-3

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN DEL OCÉANO PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL (CUENCA ALFONSO, GOLFO DE CALIFORNIA) DURANTE LOS ÚLTIMOS 18,000 AÑOS: UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DE INDICADORES GEOQUÍMICOS

Velázquez-Aguilar Mauricio Omar¹, Pérez-Cruz Ligia¹ y Sifeddine Abdelfettah²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Institut de recherche pour le développement, IRD
maps.vlo21@gmail.com

Se realizó el análisis geoquímico del núcleo sedimentario DIPAL IV-P36 (510 cm de longitud) colectado a 380 m de profundidad en la cuenca Alfonso (Bahía de La Paz, golfo de California) con el objetivo de reconstruir los cambios en la precipitación durante los últimos 18 ka cal AP, relacionados con mecanismos como: la migración y dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el Monzón de Norte América (MNA) y El Niño Oscilación del Sur (ENSO). El modelo de edad está basado en 11 dataciones de radiocarbono AMS, y se determinó una edad del núcleo de ~17,730 a 520 años cal AP. Para la calibración se utilizó el software CALIB 7.04, la curva de calibración MARINE13 y una edad reservorio de 253±18 años. Los análisis geoquímicos de alta resolución se realizaron con el equipo FRX Aavatech Core Scanner (equipado con un tubo XRay Oxford Neptune y un detector Canberra X-pips). Los registros de Si, K, Al, Fe y Ti fueron utilizados como proxies de aporte terrígeno vía fluvial hacia la cuenca. La proporción Ba/Al y los registros de Br se utilizaron como proxies de la productividad biológica en la cuenca. Finalmente, las proporciones Zr/Al y K/Ti se utilizaron como proxies del aporte terrígeno vía edica y el grado de intemperismo químico, respectivamente. Adicionalmente, se midió la susceptibilidad magnética de los sedimentos, relacionándola principalmente con el aporte de terrígenos vía fluvial. De acuerdo a los registros geoquímicos, los resultados preliminares indican cuatro escenarios climáticos principales, a escala milenaria, y una gran cantidad de eventos climáticos a escala centenaria durante los últimos 18 ka. Se observan, además, variaciones importantes en los registros elementales, correspondientes a episodios climáticos muy bien definidos: la desglaciación, el Bølling Allerød, el Younger Dryas y el Holoceno; durante este último se identificaron periodos de significativo cambio climático caracterizados, en su mayoría, por condiciones de enfriamiento y aridez.

SE12-4

MIDDLE TO LATE HOLOCENE CLIMATE VARIABILITY IN THE SOUTHERN GULF OF CALIFORNIA AND IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN: A MULTI-PROXY APPROACH FROM LA PAZ BASIN

Pérez-Cruz Ligia¹, Urrutia Fucugauchi Jaime², Choumiline Konstantin³ y Gómez-Lizarraga Laura¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Department of Earth Sciences, University of California Riverside
perezcruz@geofisica.unam.mx

A multiproxy record is obtained from La Paz Basin, situated in the southwestern sector of the Gulf of California near its junction with the tropical Pacific Ocean. High-resolution records of elemental geochemistry, organic carbon (Corg), magnetic properties, as well as radiolarian assemblages are used to reconstruct the changing patterns of ocean-atmosphere circulation and to track climate changes in the tropical climate system at sub-centennial time scales over the past 7300 cal yr (before present) BP. Paleoprecipitation geochemical and magnetic proxies show an abrupt shift during the mid-to-late Holocene, possibly due to a decrease in humidity. Aeolian and fluvial inputs, marked by variations in Ti, Si, Fe, K, Zr/Ti and magnetic susceptibility, reveal that terrigenous supply throughout the mid-Holocene was primarily forced by precipitation-controlled changes in summer monsoon rainfall. We propose that these conditions arise from northern hemisphere high insolation at low latitudes, with the average position of the ITCZ migrating northward. Development of the NAM amplifies the seasonality and promotes increased precipitation during summer seasons. Proxy records indicate marked changes in climatic conditions between 5000 and 4200 cal yr BP. In contrast, during the late Holocene, terrigenous input appears mainly controlled by the intensification of the NW winds. The record indicates a drop in precipitation and abrupt enhancement of Aeolian activity. Dry periods are recognized approximately from 4500 to 4200, 3700 to 3400, 2700 to 1800, 1400 to 1200 and 1100 to 900 cal yr BP, which might correlate with low northern hemisphere summer insolation. That low insolation promoted stronger NW winds and decreasing precipitation. Radiolarian assemblages indicate the dominance of tropical waters from ca. 5500 to 2500 cal yr BP, in this region of the gulf.

SE12-5

ON THE EFFECTS OF MAGNETIC MINERAL DIAGENESIS IN LOW-OXYGEN MARINE ENVIRONMENTS

Urrutia Fucugauchi Jaime¹ y Pérez-Cruz Ligia²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Universidad Nacional Autónoma de México
juf@geofisica.unam.mx

Processes acting after sediment burial and compaction overprint and modify the magnetic mineralogy and paleomagnetic record, in the form of secondary magnetizations and newly formed magnetic mineral phases. Diagenetic changes in magnetic mineralogy have been observed in a range of depositional settings and under distinct climatic conditions. Diagenetic effects in marine sediments have long been investigated, including oxidation/reduction reactions, magnetic dilution, formation of iron sulfides and oxides, magnetization acquisition mechanisms and reliability of the paleomagnetic record. A variety of redox conditions across offshore-onshore environments is reflected in organic carbon contents and fluxes, leading to dissimilar diagenetic transformations. This study investigates diagenetic effects in low-oxygen depositional environments characterized by recent and past magnetic mineral dissolution zones. We analyze marine sequences from the southern Gulf of California in which the topmost sediments show diagenetic effects marked by high magnetic enhancement factors. Susceptibility logs show high values at the top sediments with well-defined small amplitude low frequency fluctuations down core. Magnetic hysteresis loops indicate low coercivity saturation, characteristic of magnetites and low-Ti titanomagnetites with varying paramagnetic contributions. Intensity of natural remanent, isothermal and anhysteretic magnetizations and coercivity parameters show similar variation patterns with depth. The anhysteretic remanence intensity-susceptibility ratio shows an inverse correlation to magnetic susceptibility, indicating varying concentration of fine grained single domain and superparamagnetic particles. The magnetic logs record diagenetic changes and magnetite authigenesis, with preserved recent and old dissolution zones marked by enriched single domain/pseudo-single domain/multidomain magnetite in between the dissolution fronts. The oxidation/reduction processes relate to climatic and water/sediment interface factors controlling the dissolution processes, which occur under anoxic conditions.

SE12-6

PALEOCLIMATE CHANGE IN SOUTH AMERICA OVER THE LAST 2000 YEARS

Sifeddine Abdelfettah¹, Valdés Jorge², Pérez-Cruz Ligia³ y Gutiérrez Dimitri⁴¹Instituto de Investigación para el desarrollo/UNAM, IRD/UNAM²Uni. Antofagasta³UNAM⁴IMARPE

abdel.sifeddine@ird.fr

The Medieval Climate Anomaly (MCA: 800-1300 CE) was the most recent pre-industrial warm interval of European climate, yet it remains less well-known in Latino America. Various studies from continental and marine late Holocene proxy records from Latino America show heterogeneous changes during this period. The main goal of this study is to explore for evidence of inter-hemispheric teleconnections and possible responses of South American climate variability to this global change. Sediment cores collected off the central Peruvian coast reveal that the MCA was marked by stronger reducing conditions. Proxy records from the tropical Pacific Ocean show contemporaneous changes indicating cool central and eastern tropical Pacific SSTs during this period. This pattern is consistent with the hypothesis that the dry MCA in the Eastern Pacific region resembled modern La Niña conditions. The MCA on the Peru margin was followed by wetter conditions and warming coastal SSTs during the transition into the "Little Ice Age" (LIA). Comparison with other records in the Pacific, Andes region, Cariaco Basin, Northeastern and Southeastern Brazil strongly suggests the meridional change of the ITCZ as the key mechanism explaining the centennial-scale changes.

SE12-7

CAMBIOS EN LA OXIGENACIÓN DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC DURANTE LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS: EVIDENCIAS DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Amaraz Ruiz Laura¹, Machiain Castillo María Luisa², RuizFernández Ana Carolina³ y Sánchez-Cabeza Joan Albert³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²ICMYL - UNAM³UNAM

laura.amaraz.ruiz@gmail.com

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en sedimentos laminados del Golfo de Tehuantepec, en el Pacífico Tropical Mexicano, revelan cambios en la oxigenación del agua de fondo durante los últimos 50 años. El Golfo de Tehuantepec está caracterizado por una intensa zona de oxígeno mínimo (ZOM)

a profundidades de entre 75 y 1000m. Para conocer los cambios en la intensidad de esta ZOM se analizaron los foraminíferos bentónicos presentes en un núcleo sedimentario recolectado mediante un nucleador de caja a 750m de profundidad, y fechado con 210Pb. Se encontraron dos asociaciones de foraminíferos bentónicos: una caracterizada por *Bolivina seminuda*, *Bulimina tenuata*, *Suggrunda eckisi* y *Loxostomum pseudobeyrichi*, y la segunda por *Epistominella sandiegoensis* y *Takayanagia delicata*. Aunque todas estas especies pueden sobrevivir en condiciones de hipoxia, la primera asociación tolera menores cantidades de oxígeno disuelto. La distribución temporal de dichas asociaciones durante los últimos cincuenta años indica cambios en la oxigenación en el agua de fondo de la zona estudiada. Antes de los 1980's, predomina la asociación menos tolerante a la hipoxia, mientras que de los 1980's a 2010 predomina la asociación indicadora de menor cantidad de oxígeno. Las tendencias encontradas con las asociaciones de foraminíferos bentónicos, coinciden con observaciones instrumentales de decremento de oxígeno en la Corriente de California en los últimos 50 años.

SE12-8 CARTEL

INVESTIGACIÓN DE LOS EVENTOS HIPERTERMALES DEL PALEÓGENO EN REGISTROS GEOLÓGICOS EN EL ÁREA DEL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB

García Garnica Edgar Manuel¹ y Pérez-Cruz Ligia²¹Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de posgrado en CMYL, UNAM.²Universidad Nacional Autónoma de México

3g.edgar@gmail.com

Durante el Paleógeno se ha documentado una serie de eventos de calentamiento global extremo que se sobrelapan con las tendencias climáticas de largo plazo, los cuales han sido llamados hipertérmicos; entre los que destaca por su magnitud un episodio ocurrido a finales del Paleoceno y principios del Eoceno hace 56 Millones de años (Ma), conocido como Máximo Térmico del Paleoceno/Eoceno (PETM) (De Conto et al., 2012; Westerhold et al., 2015), el cual se caracterizó por una acidificación oceánica y un incremento global de la temperatura de por lo menos 4 °C en aguas profundas, provocado por la entrada masiva de carbono isotópicamente ligero al sistema océano-atmósfera. Posterior al PETM le siguieron otros máximos térmicos de características similares: el Máximo Térmico del Eoceno 2 (ETM 2) hace 54 Ma y el Máximo Térmico del Eoceno 3 (ETM 3) hace 53 Ma; y dos eventos de menor intensidad en aguas profundas del Atlántico ecuatorial, hace 48 y 49 Ma. Por lo que se pretende investigar las señales climáticas abruptas de los hipertérmicos del Paleógeno, a través de la caracterización geoquímica de las rocas del Pozo Santa Elena (UNAM-5) y documentar los efectos de estos eventos climáticos en el ecosistema marino somero, evaluando los efectos ambientales en la región, para correlacionar los patrones de variabilidad climática generados en este estudio con otros de entornos de aguas profundas y evaluar la influencia de condiciones locales y globales en los trópicos. El cráter Chicxulub está localizado en la península de Yucatán, la cual durante la mayor parte del Paleógeno se encontraba como un mar somero. El pozo UNAM-5 se encuentra a 110 Km al suroeste del centro del cráter de impacto, y tuvo una recuperación del 91%, donde los primeros 332 m del pozo pertenecen a rocas del Paleógeno y Neógeno, mientras que los 171 m restantes a brechas de impacto, permitiendo la utilización del límite K/Pg como base temporal para el inicio del análisis geoquímico mediante la selección de aproximadamente 200 m, equivalentes a 64 núcleos del registro geológico del pozo UNAM-5. Con una resolución de 10 cm, se obtuvo de forma preliminar el registro geoquímico de elementos mayores y traza por fluorescencia de rayos x (FRX). Donde a partir del registro de calcio como elemento mayoritario se sugiere la presencia de eventos hipertérmicos cuando los valores de calcio disminuyen abruptamente describiendo una disolución de carbonatos en el agua marina; mientras que los valores de elementos terrígenos como el Fe, Si, Al y Ti presentan una señal de incremento. Referencias: DeConto, R.M., Galeotti, S., Pagani, M., Tracy, D., Schaefer, K., Zhang, T., Pollard, D., and Beerling, D.J. 2012. Past extreme warming events linked to massive carbon release from thawing permafrost. *Nature*. Vol. 484. 87-92. Westerhold, T., Röhl, U., Frederichs, T., Bohaty, S.M., and Zachos, J.C. 2015. Astronomical calibration of the geological timescale: closing the middle Eocene gap. *Climate of the Past*. Vol. 11. 1181-1195.

SE12-9 CARTEL

SIMILITUDES ENTRE REGISTROS DE CUENCAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Abella Gutiérrez José Luis¹ y Herguera Juan Carlos²¹CICESE, Laboratory of Tree Ring Research UA²CICESE

joseluisabella@gmail.com

Una de las limitaciones en la interpretación de los registros de sedimentos marinos está relacionada con la incertidumbre de los modelos de edad con errores típicos de + 50 a 100 años. Este error dificulta la interpretación en escalas iguales o menores al rango de edad cuando se comparan dos cuencas sedimentarias, incluso cuando pertenecen a regiones geográficas cercanas. Así, la interpretación de fenómenos como la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a partir del registro sedimentario es incierta por su frecuencia multidecadal. En este estudio presentamos variables regionales que conectan cuencas sedimentarias del Golfo de California y de la Corriente de California que nos permiten interpretar para los últimos 1200 años

variables locales dentro de un mismo modelo de edad regional. De la conexión entre las cuencas Pescadero y San Lázaro podemos confirmar la importante relación entre la intensidad de la Corriente de California y las lluvias invernales de la región de Sinaloa relacionadas con el común forzamiento del PDO. Por otra parte, la influencia del PDO en la productividad marina del Golfo de California y en la extensión de la zona de mínimo de oxígeno observada durante el último siglo se encuentra también en los registros sedimentarios, sin embargo no se observa en épocas pasadas y podría estar relacionada con cambios antropogénicos.

SE12-10 CARTEL

**INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE EL CRECIMIENTO
RADIAL E ISÓTOPOS ESTABLES EN PINUS
PSEUDOSTROBUS EN LA RESERVA DE LA
BIÓSFERA “EL CIELO” (TAMAULIPAS, MÉXICO)**

Gutiérrez García Genaro, Beramendi Orosco Laura,
Cienfuegos Alvarado Edith y Otero Trujano Francisco Javier
Instituto de Geología (UNAM)
genaro.gutierrez@gmail.com

Los anillos de crecimiento arbóreos son archivos naturales capaces de registrar cambios ambientales del pasado. Estos han sido empleados como registros “proxy” para reconstruir principalmente variables climáticas (p. ej. temperatura, precipitación, e índices de sequía). En el desarrollo de las reconstrucciones climáticas con anillos de crecimiento, en general se emplean las mediciones de las anchuras de los mismos. En años recientes se han aplicado técnicas novedosas como isótopos estables de oxígeno y carbono, para extraer información climática a partir de la celulosa de la madera de los anillos de crecimiento. En algunas especies de árboles, los isótopos estables proporcionan información adicional no encontrada en mediciones de anchuras de los mismos. Por lo tanto, es posible incrementar la información climática de las reconstrucciones de anillos de crecimiento, si se combinan métodos dendrocronológicos tradicionales (mediciones de anchuras) e información isotópica de la madera. En el presente trabajo se analiza la respuesta climática de *Pinus pseudostrobus* empleando métodos dendrocronológicos tradicionales (anchuras), y se compara con la respuesta climática obtenida a partir de mediciones de isótopos estables de carbono y oxígeno de los anillos de crecimiento. Así mismo, se analizan los forzantes climáticos de la variabilidad climática de la región.

Sesión especial

ESQUEMAS EMERGENTES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Organizadores:

Alejandro Hinojosa

Sergio Arregui

SE13-1

COMPARACIÓN ENTRE MEDICIONES MANUALES Y SEMIAUTOMÁTICAS DE PLANOS DE DISCONTINUIDAD EN SUPERFICIES DE ROCA USANDO VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Mancera Javier, Villarreal Enrique, Macías Medrano Sergio Enrique y Hernández Antonio
Facultad de Ingeniería, UNAM
jmancera@unam.mx

Tradicionalmente los rumbos y echados de planos de discontinuidad en afloramientos se miden manualmente, usando brújula directamente en la superficie de roca estudiada. Si es posible, estas mediciones se toman de manera sistemática para obtener las variaciones en la orientación de los planos. Esta técnica permite conocer de manera relativamente certera las orientaciones estructurales, sin embargo, se introducen errores humanos que sesgan los resultados, ya que dependen en cierto grado de la pericia, experiencia y capacitación del geólogo de campo. Incluso, a veces, las condiciones del afloramiento no permiten levantar datos manuales con precisión y objetividad. Existen diversos trabajos que han aplicado los sensores remotos para la extracción semiautomática de planos de discontinuidad. No obstante, los trabajos de validación de estas mediciones con respecto a los datos manuales son muy escasos en la literatura científica. En este trabajo presentamos la adquisición de fotografías con un vehículo aéreo no tripulado (VANT), para la caracterización semiautomática de planos de discontinuidad a partir del procesamiento de nubes de puntos. Además, hemos desarrollado una metodología para validar los datos semiautomáticos con mediciones manuales usando el método convencional. Esta comparación se basa en criterios estadísticos utilizando distribuciones de probabilidad para datos esféricos como la distribución de Fisher, que utiliza los estadísticos $\#$ y $\#$ que miden la dispersión de los datos a partir del vector asociado al polo del plano representativo (vector medio) y la variación en grados a partir de este vector, respectivamente. Los resultados obtenidos han permitido validar datos adquiridos con VANT en afloramientos de paredes de rocas piroclásticas pseudo estratificadas y coladas de lava, ambas fracturadas, lo que ha permitido establecer, incluso, mayor confiabilidad que los datos manuales, que tienden a ser escasos y de limitada cobertura. Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE13-2

ESTIMACIÓN DE LOS ATRIBUTOS HIDROMORFOLÓGICOS DE UNA CUENCA PEQUEÑA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ESTRUCTURA DE MOVIMIENTO (SfM)

Méndez-Barroso Luis Arturo¹, Zárate Valdez José Luis² y Robles-Morua Agustín¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Centro Regional Universitario del Noroeste, Universidad Autónoma Chapingo.
luis.mendez@itson.edu.mx

Actualmente el método conocido como Estructura de movimiento (SfM) representa una buena alternativa de bajo costo para generar topografía de alta resolución donde los datos LiDAR (Light Detection and Range) son escasos o inaccesibles. En este trabajo, demostramos las ventajas de los modelos de elevación de alta resolución (DEM) obtenidos utilizando la técnica SfM para delinear los límites de la cuenca y la red de flujo. El DEM basado en SfM se comparó con datos LiDAR, distribuidos por el gobierno mexicano, y un mapa topográfico de alta resolución previo generado por un sistema RTK-GPS. Se obtuvieron imágenes aéreas sobre un sitio de monitoreo ecohidrológico en el noroeste de México mediante una cámara digital grado comercial montada en un globo de helio. Para la obtención de los rasgos hidromorfológicos, aplicamos el método SfM con la eliminación de la vegetación, de manera similar a los métodos LiDAR más avanzados. Esto se logró ajustando los parámetros de clasificación de la nube de puntos (ángulo máximo, distancia máxima y tamaño de celda), lo cual, hasta donde sabemos, no ha sido reportado ampliamente en la literatura de SfM disponible. El modelo de terreno SfM mostró diferencias mínimas en la elevación del terreno en el centro del dominio de la imagen (0-0.5 m) mientras que los errores aumentaron en los bordes del dominio. El modelo SfM generó la mayor área de captación, la longitud del canal principal y total (1.07 ha, 106.1 y 223 m, respectivamente) mientras que el modelo LiDAR obtuvo la menor área y longitud del canal principal (0.77 ha y 92.9 m, respectivamente). Por otro lado, el modelo SfM tuvo una representación mejor y más precisa de la red fluvial entre todos los modelos evaluados debido a su proximidad más cercana al canal principal observado por GPS. Concluimos que la integración de vehículos aéreos no tripulados de bajo costo y el método SfM es una buena alternativa para estimar los atributos hidro-morfológicos en cuencas pequeñas. Además, encontramos que los modelos de terreno basados en SfM de alta resolución tenían una representación bastante buena de cuencas pequeñas, lo que es útil en regiones con disponibilidad limitada de datos. Los principales hallazgos de esta investigación proporcionan un valor científico en el campo de la teledetección hidrológica, en particular en la adquisición de topografía de alta resolución en áreas remotas, sin acceso a técnicas LiDAR o topográficas más caras. Los DEM de alta resolución permiten una mejor caracterización del tamaño del área de captación y delimitación de la red de cauces que influyen en los procesos hidrológicos como redistribución de la humedad del suelo, generación de escorrentía y evapotranspiración.

SE13-3

¿LA DISPERSIÓN Y EL DESARROLLO DE LOS INCENDIOS PUEDEN SEGUIRSE A PARTIR DE PROCESOS DE PERCOLACIÓN DE LOS FRENTE DE INCENDIO?

Parrot Jean Francois¹ y Ramírez Nunez Carolina²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CONACyT-UAM Azcapotzalco
parrot@igg.unam.mx

La aplicación de procesos de percolación sobre datos provenientes del LiDAR sirve como base para la realización de la simulación de incendios y seguir la progresión de estos al nivel regional. Los datos utilizados son de tres tipos: 1) en primer lugar, el modelo de altura del dosel extraído a partir de la diferencia ponderada entre el modelo de superficie y el modelo de terreno, lo que permite definir cuales son las zonas donde el fuego puede encontrar el material necesario para su progresión; por otro lado, cuando existe, la nube de puntos LiDAR es posible definir el volumen de material combustible, entre otros en el sotobosque que en general favorece la propagación del fuego; 2) el modelo de terreno que permite modelar las zonas que pueden eventualmente jugar un papel de barrera (pendientes fuertes o acantilados, rugosidad de la superficie, accidentes topográficos, etc.); 3) la progresión aleatoria de los frentes de incendio en función de las variaciones de la dirección del viento. El modelo propone definir el número y la posición de los puntos iniciales o bien desencadenar de manera aleatoria el incendio a partir de diversos puntos de calor, así como limitar o no el abanico de desplazamiento del viento. Los resultados obtenidos se comparan con ejemplos conocidos con el propósito de validar la simulación y si es necesario controlar el peso relativo de cada variable para mejorar el proceso de simulación.

SE13-4

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA BASADA EN LA INTEGRACIÓN DE CÁMARAS ESPECTRALES, VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT) Y DATOS DE CAMPO PARA ESTIMAR ESTRÉS HÍDRICO EN TRIGO DE PRIMAVERA EN EL NOROESTE DE MÉXICO

García Gamez Juan Jaime, Méndez-Barroso Luis Arturo,

Zárate Valdez José Luis y Garatza Payán Jaime

Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

jaime_ggamez@hotmail.com

El trigo es uno de los principales cultivos en México. El 80 % de la producción nacional se concentra en tres estados del Noroeste de México: Sonora, Baja California y Chihuahua. En estos estados, la mayoría de la superficie sembrada se riega por gravedad (95%) y la calendarización de los riegos está basada en asegurarse que el suelo se encuentre en capacidad de campo en las etapas críticas de desarrollo (formación de raíces y espigamiento). Sin embargo, la calendarización no se basa en observaciones directas del cultivo. Este proyecto busca el desarrollo de una herramienta para conocer el estado hídrico del cultivo que ayude a los productores a hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos. El estado hídrico del cultivo se estimó a partir de la relación entre índices espectrales de vegetación y la temperatura superficial del follaje. Para la estimación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se utilizó una cámara espectral Mapir Survey2 mientras que para la estimación de la temperatura del follaje se utilizó una cámara termal Flir VUE Pro 640. Ambas cámaras se montaron en un vehículo aéreo autónomo (3DR Solo) para cubrir un área de vuelo de aproximadamente 1 ha. Se realizaron un total de 5 vuelos dentro del ciclo de producción 2017-2018 cubriendo distintas etapas fenológicas del cultivo (emergencia hasta espigamiento). Para validar los índices y temperaturas calculadas por las cámaras espectrales, se instalaron sensores de NDVI (Decagon SRS) y termómetros infrarrojos en terreno (Apogee SI-111). Adicionalmente, se instalaron sensores de humedad de suelo (Campbell CS-616) para correlacionar el estado hídrico de las plantas con humedad de suelo disponible en la zona radical. Resultados preliminares muestran una buena correlación entre las variables observadas en terreno y las estimadas por medio de imágenes aéreas. Por otra parte, el índice de estrés hídrico concuerda con la variación estacional de humedad de suelo, es decir, en capacidad de campo se mostraron los valores más bajos de estrés incrementándose conforme se seca el suelo. Por último, el empleo de esta herramienta busca reducir costos ya que la adquisición de datos puntuales en predios agrícolas resulta costosa y toma demasiado tiempo y, además, nos permitirá desarrollar prácticas de manejo de los recursos hídricos más sustentables.

SE13-5

BATIMETRÍA DERIVADA POR SATÉLITE DE LA BAHÍA DE SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA

Hernández Maldonado Gerardo Jalil¹ y Hinojosa Alejandro²¹UNACH Universidad Autónoma de Chiapas²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jalil94hdz@yahoo.com.mx

La información batimétrica que proporcionan las cartas náuticas, suele ser la única fuente de información sobre el relieve submarino, y esta generalmente no es actualizada. Con el fin de complementar la información de profundidad en zonas distintas a los sondeos batimétricos plasmados en las cartas, la técnica de la Batimetría Derivada por Satélite, ha tomado importancia para caracterizar aguas claras y someras (< 25m), monitorear cambios en los fondos con mayor resolución temporal y espacial que los métodos tradicionales de levantamientos hidrográficos. Para la determinación de la batimetría de la Bahía de San Quintín (BSQ), fue empleado el método de Batimetría Derivada por Satélite, SDB por sus siglas en Inglés, utilizando puntos de control con profundidades conocidas extraídas de dos fuentes. Una de ellas fue la carta Bahía de Santa María, B.C. de la Secretaría de Marina número 121.1 a escala 1:30,000 del año 2002, en combinación con una reconstrucción fotogramétrica por dron durante una marea la baja del 29 Nov 2016. Las profundidades conocidas se utilizaron para calibrar los modelos de SBD sobre diferentes imágenes multispectrales de los satélites RapidEye(5m) y PlanetScope (3m) de los años 2013-2017. Las imágenes satelitales fueron procesadas siguiendo el método propuesto para SBD en "The IHO-IOC GEBCO Cook Book(2016)" a través del software ArcGIS 10.1 aplicando el algoritmo que calcula regresiones lineales entre los valores del modelo óptico simple en los sitios contra las profundidades conocidas, esto con el fin de obtener las ganancias y compensaciones que permiten conocer la profundidad de todo el área de trabajo. Paralelamente se realizaron clasificaciones multispectrales de los diferentes tipos de fondos que existen en la bahía y que modulan la aplicación de las regresiones. El método SDB, válido para aguas someras con aguas claras (pocos o nulos sedimentos suspendidos). La BSQ no se caracteriza por tener aguas claras sin sólidos suspendidos, a pesar de ello, estimamos la batimetría de la BSQ que cuenta con profundidades entre los 0 y 9 metros. Las zonas más profundas corresponden al canal de navegación que existe en la bahía, mientras que las menos profundas que oscilan entre los 0 y 2 metros corresponden a la mayor parte del área, definiendo a la bahía como un cuerpo de agua somero. La clasificación multispectral de las imágenes satelitales, permitió agrupar los tipos de fondo en 5 clases generales: canal profundo (correspondiente al canal de navegación), canal somero, pastos sumergidos (vegetación compuestas por pastos y macro algas en zona submareal), pastos expuestos (pastos y macro algas periódicamente expuestas de zona intermareal); y planicie lodosa (zonas intermareal sin vegetación aparente).

SE13-6

ESTIMACIÓN DE BATIMETRÍA MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN LA BAHÍA DE SAN JOSÉ DEL CABO, B.C.S.

Cordero Domínguez Miguel¹, Martínez Flores Guillermo¹, Morales Pérez Rubén Antelmo² y Nava Sánchez Enrique Hiparco³¹Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-IPN²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
miguel28091990@gmail.com

La creciente demanda de variables costeras de alta resolución, ha conducido a la búsqueda de nuevos métodos para determinarlas de forma rápida y con calidad. La batimetría de la zona costera es fundamental, ya que determina la dinámica costera, asimismo, es requerida para la modelación numérica y síntesis de las mediciones costeras. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es implementar algoritmos para estimar la batimetría, utilizando software de código abierto e imágenes de satélite de libre acceso. Se utilizaron imágenes Landsat 8 de la Bahía de San José del Cabo, Baja California Sur de febrero a abril de 2017, así como ~8,500 datos de profundidad colectados in situ el 6 de abril de 2017 con un ecosonda Garmin 431s. Estos datos fueron depurados para remover valores anómalos, así como para promediar profundidades contenidas en la resolución espacial de las bandas consideradas (30 m). El 70% de éstos se utilizaron para entrenamiento y el 30% para validación de los algoritmos. La reflectancia de las bandas 435 a 451, 452 a 512 y 533 a 590 nm se procesaron mediante diversas formulaciones para llevar a cabo regresiones múltiples lineales y no lineales con los datos in situ, obteniendo los coeficientes y ecuaciones de correlación. La correlación tipo exponencial entre la batimetría estimada (menor a ~20 m) y los datos de validación dio como resultado un coeficiente de determinación de una 0.88 y 0.90 para las fases de entrenamiento y validación, respectivamente.

SE13-7

DELINEANDO ANOMALÍAS GEOTÉRMICAS EN LA FALLA AGUA BLANCA (BAJA CALIFORNIA) A TRAVÉS DE MEDICIONES EN TIERRA CON TERMOPARES Y UN LEVANTAMIENTO CON CÁMARA TÉRMICA A BORDO DE UN DRON

Carbajal Daniel¹, Hinojosa Alejandro¹, Peiffer Loic¹, Trasviña Castro Armando¹, Carlos Trasviña Daleth¹, Carlos Trasviña Rai¹, Gradilla Martínez Luis Carlos², Arregui Sergio², Gudiño Napoleón² y Meillón Menchaca Octavio¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE

dcarbajal@cicese.edu.mx

La falla de Agua Blanca en Baja California, una falla de rumbo que se puede apreciar desde el espacio que a pesar de su poca actividad sísmica instrumental, existen evidencias a lo largo de su traza de su desplazamiento lateral derecho. Son conocidos sus manantiales y manifestaciones hidrotermales a lo largo de su traza. En la Playa de la Joya, son conocidas las manifestaciones geotérmicas. Apoyados con un termopar, se hizo una muestreo de temperaturas de la arena siguiendo un patrón aproximado de rejilla regular (100m) a lo largo de la playa durante una marea baja, alcanzando en uno de los sitios una temperatura de 93° C. Interpolando las mediciones se logró delinear la anomalía térmica. Se planea un segundo experimento durante la marea baja del 13 de agosto, un día después de la fecha límite del registro de resúmenes para la UGM 2018. En este experimento se tiene contemplado hacer un levantamiento aéreo con hexacóptero de DJI equipado con una pequeña cámara infrarroja optris PI 450 tomando imágenes térmicas sobre la anomalía delineada por termopares sobre la playa. En la reunión se presentará los pormenores y resultados de los dos experimentos.

SE13-8

GEOLOCALIZACION DE UN LEVANTAMIENTO AÉREO CON CAMARA TERMICA APOYADOS CON ORTOMOSAICO DERIVADO DE UN LEVANTAMIENTO PARALELO CON CAMARA RGB

Gradilla Martínez Luis Carlos¹, Arregui Sergio², Meillón Menchaca Octavio², Gudiño Napoleón² y Hinojosa Alejandro²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE

gradilla@cicese.mx

En la zona zona con anomalía térmica ubicado en Punta Banda, fue generado el ortomosaico con las fotografías obtenidas en vuelo programado con el Phantom 4, y lo utilizamos para ubicar las imágenes térmicas colectadas con una pequeña cámara infrarroja optris PI 450 montado en un Hexacóptero DJI S900 experimental que adolece de las herramientas para generar un producto georreferenciado. El Experimento fue realizado en la marea baja para una mayor cobertura de playa.

SE13-9 CARTEL

VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL ALGORITMO OC2 PARA LANDSAT 8 APLICADO AL LAGO CRÁTER DE SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT

Cortés Macías Lizette Zareh
Universidad Autónoma de Nayarit, UAN
zareh.uan@gmail.com

Cortes-Macías Lizette Z.1, Cepeda-Morales Jushiro1-2 y Rivera-Cañedo Juan P.2-3 1- Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Nayarit. 2 Unidad Especializada en Percepción Remota Satelital de Ecosistemas Costeros y Oceánicos, Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C. . Calle 3 esquina con Av. 9 colonia Ciudad Industrial, Parque Científico Unidos por el conocimiento. Universidad Autónoma de Nayarit. 3 Catedra-CONACYT, Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C. Calle 3 esquina con Av. 9 colonia Ciudad Industrial, Parque Científico Unidos por el conocimiento. Universidad Autónoma de Nayarit. Autor por correspondencia: zareh.uan@gmail.com Palabras clave: algoritmo, clorofila, fitoplancton, lago, LANDSAT, teledetección. Uno de los principales indicadores de la calidad en los cuerpos de agua continentales es la biomasa y la composición de especies del fitoplancton. Las actividades antrópicas suelen ocasionar el aumento en la concentración de nutrientes, propiciando así la existencia de florecimientos algales que deterioran la calidad del agua ya que favorecen a la producción de compuestos como metano y sulfuro. La concentración de clorofila-a (Cl-a) se utiliza para estimar en forma indirecta el contenido de biomasa de las comunidades fitoplanctónicas. El objetivo de este estudio fue validar y calibrar el algoritmo OC2 propuesto por O'Reilly, (1998) y desarrollado por el Ocean Biology Processing Group (OBPG) para la estimación de la concentración de Cl-a, con medidas in-situ de la concentración de Cl-a superficial tomadas en el lago-cráter de Santa María del Oro, Nayarit, durante el 2015, aplicados a datos obtenidos por el sensor OLI a bordo del satélite Landsat Data Continuity Mission. Los estadísticos para calcular la precisión del algoritmo y el desempeño de los coeficientes calibrados

fueron el coeficiente de determinación y el error cuadrático medio. Los resultados obtenidos en la validación del algoritmo indicaron una baja correlación entre la CI-a in-situ y la CI-a satelital con un error cuadrático medio de 6.44, y un coeficiente de determinación de 0.38. Debido a estos resultados se proponen nuevos coeficientes, obtenidos mediante un proceso de calibración, para la función polinomial de 4 órdenes. Éstos nuevos índices funcionaron satisfactoriamente para determinar CI-a en lago-cráter de Santa María del Oro con un error cuadrático medio de 0.64 y un coeficiente de determinación de 0.94, lo que indica que un 94% de los valores están explicados por el modelo sugerido. Estos resultados favorecen el monitoreo de la calidad de los ecosistemas a través de la biomasa del fitoplancton de los cuerpos de agua continentales con sensores remotos de alta resolución espacial.

Sesión especial

ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES EN MESOAMÉRICA: EN HONOR AL LEGADO DE ROGER BYRNE

Organizadores:

Harald Böhnelt
Sarah Metcalfe
Dave Wahl

SE14-1

PALEOENVIRONMENTAL EVIDENCE OF A CLASSIC PERIOD MAYA WARFARE EVENT

Wahl David¹, Anderson Lysanna¹, Estrada-Belli Francisco² y Tokovinine Alexandre³¹United States Geological Survey, USGS²Department of Anthropology, Tulane University³Department of Anthropology, University of Alabama
dwahl@usgs.gov

Despite over a century of archaeological research, the nature and broader consequences of Classic Maya warfare remain poorly understood. Based on frequent epigraphic references and iconographic themes, Maya warfare has been viewed as ritualized and limited in scope. A few extreme cases have been interpreted as an escalation of warfare intensity, leading to widespread societal collapse in the Terminal Classic period (800-950 CE). Implications of specific textual references to war events remain unknown, however, and the paucity of field data precludes elucidation of their scale and impact. Here we present paleoenvironmental evidence of a type of Maya conflict frequently mentioned in the epigraphic record, clarifying its meaning and providing insight on the impacts of Classic Maya warfare. Several datasets indicate that a catastrophic fire occurred at the ancient city of Witzna during the last decade of the 7th century CE, and local epigraphy links it to an attack from the kingdom of Naranjo in 697 CE. Following this event, Witzna's local land use declined dramatically, yet its dynastic rule persisted for at least a century. These data show that the Classic Maya engaged in total war more frequently and earlier than previously thought and that this type of conflict did not necessarily lead to the collapse of Classic Maya society. By combining high-resolution environmental data with archaeological and epigraphic findings, this research provides new insights into the broad societal impacts of Classic period warfare and the role of warfare in the Maya collapse.

SE14-2 PLÁTICA INVITADA

CONTROLES ATMOSFÉRICOS Y GEOGRÁFICOS DE LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE LA LLUVIA EN MESOAMÉRICA

Bernal Juan Pablo¹, Lachniet Matthew², Cruz Francisco³, Apaestegui James⁴, Cardona Benavides Antonio⁵, Calva-Hernández David⁶, Corona-Martínez Liliana¹, Morales Puente Pedro⁶ y Rosales-Lagarde Laura⁷¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México²Department of Geoscience, University of Nevada Las Vegas³Instituto de Geociencias, Universidade de São Paulo⁴Instituto Geofísico del Perú⁵Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí⁶Instituto de Geología, UNAM⁷Nevada State College

jpbernal@unam.mx

La caracterización y comprensión de los procesos fisicoquímicos, así como el efecto del relieve continental tiene sobre la composición isotópica de la precipitación meteórica local, es de vital importancia para poder realizar reconstrucciones paleoclimáticas basadas en la variabilidad de la composición isotópica de oxígeno de minerales autigénicos, huesos, y anillos de árbol. En este trabajo se presenta el resultado del monitoreo de la lluvia de verano en el periodo 2004-2015 en 13 localidades del sur de México, con resolución mensual y diaria. Gracias a la amplia cobertura geográfica y temporal, es posible detectar los principales factores que modulan la variabilidad isotópica en escala anual. De esta manera se presenta un modelo semi-empírico que permite determinar la composición isotópica de la precipitación de una localidad en función de sus características fisiográficas. Asimismo, es posible delimitar las zonas de México en donde el denominado "efecto de cantidad" modula la variabilidad en la composición isotópica en escala mensual. Utilizando un modelo langragiano para la reconstrucción de trayectorias de masas de aire, se evalúa la contribución de las dos cuencas oceánicas en la composición isotópica de la lluvia, así como el efecto que las trayectorias de las masas de aire.

SE14-3

VARIABILIDAD DE PRECIPITACIÓN EN EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA ENTRE 11 A 62 MIL AÑOS, OBTENIDA DE UNA ESTALAGMITA COLECTADA AL OCCIDENTE DE MÉXICO

Corona-Martínez Liliana¹, Bernal Juan Pablo¹, Cruz Francisco² y López Martínez Rafael³¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geociencias, Universidade de São Paulo, Brazil³Instituto de Geología, UNAM

lcorona@geociencias.unam.mx

El Monzón de Norteamérica (NAM) es el fenómeno atmosférico responsable del régimen característico de lluvia durante el verano, en la mayor parte de México y el suroeste de los Estados Unidos de América. En este trabajo se presenta una reconstrucción de la paleoprecipitación del NAM, basada en la variabilidad isotópica de #18O, en una estalagmita colectada al occidente de México, en el estado de

Colima. La muestra cubre un periodo que va de 11,000 a 62,000 años, que fue determinado por el método de U-Th. Un monitoreo realizado entre 2014-2016 en la cueva de estudio y de agua de lluvia colectada en la ciudad de Colima, permitió establecer que la variabilidad de #18O de la estalagmita, es atribuida a cambios en la composición isotópica de agua de lluvia, siendo ésta modulada por el efecto de cantidad. Los resultados sugieren que el NAM que en escala orbital, no se observa una modulación significativa por la insolación, mientras que en escala milenaria se observa una modulación importante por la temperatura superficial del Atlántico Norte, pues la variabilidad en el registro de #18O muestra que el NAM se debilitó durante los eventos Heinrich (H2 a H6) así como durante el Younger Dryas. Particularmente, durante el estadio Heinrich-1, una estructura de 3 fases coincide con otros registros en el hemisferio norte y sur, mostrando dos fases con una debilidad en la precipitación y entre éstos un monzón activo. La localización del conjunto de estos eventos climáticos abruptos, coincide en duración y temporalidad con otros registros de importancia en el hemisferio norte como NGRIP, la cueva Hulu en China, la de Fort Stanton en EUA y Petén Itzá en Guatemala, así como el de la cueva Lapa Sem Fim, en el este de Brasil. Este registro es la primera reconstrucción de alta resolución con fechamiento absoluto que muestra un abatimiento significativo en la intensidad del monzón, contemporáneo a los estadios H, consistente con una migración al sur de la ITCZ y una supresión en la circulación oceánica del Atlántico Norte.

SE14-4 PLÁTICA INVITADA

LLUVIAS DE INVIERNO, MONZÓN Y TORMENTAS TROPICALES EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, ¿ES POSIBLE DIFERENCIARLAS EN LOS PALEO-REGISTROS?

Abella Gutiérrez José Luis¹, Nava Fernández Cinthya², VillanuevaDíaz José³, Woodhouse Connie⁴ y Herguera Juan Carlos⁵¹CICESE / Laboratory of Tree Ring Research (U Arizona)²Department of sediment and isotope geology of Ruhr-Universität Bochum³INIFAP⁴Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona⁵CICESE

joseluisabella@gmail.com

La precipitación en la Sierra Madre Occidental depende de tres procesos climáticos diferentes; la latitud de entrada de las tormentas invernales, el Monzón de Norteamérica, y las tormentas tropicales. La Oscilación Sureña de El Niño (ENSO) se considera la principal fuente de variabilidad interanual para esta región y es capaz de influir a los tres procesos que traen lluvias a la región, aunque para las lluvias de verano los mecanismos no están claramente definidos. Durante eventos de El Niño, las lluvias de invierno son mayores, y se considera que disminuye el monzón y aumenta la influencia de tormentas tropicales debido al incremento de temperaturas en el Golfo de California, ocurriendo lo contrario durante La Niña. Aunque menos estudiado que el ENSO, la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) se supone tiene efectos similares sólo que a frecuencias más bajas. En este estudio se presenta un registro de precipitación de la región de Sinaloa a partir de análisis de fluorescencia de rayos-X de alta resolución (0.2 mm) de sedimentos de la cuenca de Pescadero, en el Golfo de California, y también se revisan algunas reconstrucciones de precipitación realizadas a partir de anillos de árboles. La variabilidad decadal a centenaria del registro de pescadero coincide con la reconstrucción de la sequía de la región realizada con anillos de árboles. Sin embargo, ambos registros parecen estar relacionados con las lluvias invernales por su coincidencia con registros de la intensidad de la Corriente de California. Las variaciones multidecadales de las reconstrucciones de lluvia de verano de anillos de árboles parecen estar influenciadas por la precipitación invernal, aún cuando son un buen registro en escala interanual. En cualquier caso, la principal variabilidad del registro de Pescadero está relacionada con procesos a escala multicentenaria a milenial y se discutirá su relación con los diferentes tipos de precipitación en la región.

SE14-5

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL A TRAVÉS DE LA CARACTERIZACIÓN GEOPEDOLÓGICA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

González Arqueros María Lourdes¹, Israde Alcantara Isabel² y Ostrooumov Mikhail³¹CONACYT - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

lourdse_gonar@hotmail.com

La reconstrucción de los paleoambientes en el centro de México presenta un elevado potencial debido a su posición geográfica, clima, usos de suelo y características biofísicas; por lo que se distingue como una zona prioritaria en proyectos multidisciplinarios en los que los suelos y paleosuelos se apliquen como objeto principal de estudio en las reconstrucciones ambientales. El enfoque geopedológico es una herramienta clave en el análisis integrado del paisaje y en este estudio, enmarcado en el valle de Aguascalientes. Se establecen las bases de una cronología de eventos durante el Holoceno, y se discuten las posibles causas de evolución de ambiente. Se realizó la caracterización espacial y temporal de los suelos, paleosuelos y sedimentos con el fin de comprender y establecer la secuencia de eventos ambientales, y así como obtener la secuencia pedoestratigráfica a nivel

regional. El objetivo principal de este estudio es caracterizar los diferentes ambientes que han tenido lugar en el valle de Aguascalientes durante el Plio-Cuaternario mediante la geopedología, que con su evolución en el tiempo, registra procesos edáficos concretos, y así proponer la reconstrucción paleoambiental de la zona de estudio. En la metodología utilizada se toman como base los suelos y paleosuelos, y sus características macro y micromorfológicas. A través del reconocimiento en campo y estudio geomorfológico, se ubican perfiles de suelos representativos, los cuales se describieron y muestrearon para su análisis. Se realizaron análisis básicos de caracterización macromorfológicas (color, textura, carbonatos), carbono orgánico total, tamaño de partículas, mineralogía avanzada, fechamientos de radiocarbono y análisis micromorfología a través de láminas delgadas. Los resultados evaluados hasta el momento permiten reconocer procesos pedogenéticos que se enmarcan en el contexto ambiental identificado y permiten proponer una reconstrucción paleoambiental de la región oriente del valle de Aguascalientes. Este proyecto contribuye a la reconstrucción de la dinámica del paisaje en una zona donde hasta el momento no se registra información al respecto.

SE14-6 PLÁTICA INVITADA

HOLOCENE LAKE LEVEL CHANGES AT EX-LAGUNA MAGDALENA, JALISCO, MEXICO

Anderson Kirk¹, Beekman Christopher² y Heredia Verónica³¹Museum of Northern Arizona, MNA²University of Colorado-Denver³Colegio de Michoacán
kanderson@musnaz.org

Geomorphic investigations of the Ex-Laguna de Magdalena, in conjunction with regional archaeological surveys, focused on how the timing of Holocene lake level changes relate to trends in settlement distribution. Our goals for the geomorphic investigations were to reconstruct the history of lake level changes, relate those changes to previous climate records for the region, and address the possible influence of climate and lake fluctuations on the inhabitants of the region. We utilized pollen, ostracod, and tephrochronology, along with 32 AMS radiocarbon results to reconstruct the lake level changes for the past 9000 years. The reconstructed lake level matches two known dry periods in western Mesoamerica, the Middle Archaic (5000-3000 BC) and Epiclassic (about AD 500-900) Periods. The lowest level occurred ca. 4500 to 2500 BC. The lake level increases starting about 2500 BC to a maximum shoreline elevation in 770 BC, during the Middle Formative. There is a gradual decrease in lake levels from the Middle Formative to a low point during the Epiclassic, about AD 500-600. After the Epiclassic, we see an increase in lake levels to a maximum during the Early Postclassic. Poorly dated higher shorelines occur in the post-Contact period, ca. AD 1700-1900.

SE14-7

A 6,000 YEAR RECORD OF ENVIRONMENTAL CHANGE FROM LAGUNA DE JUANACATLÁN, THE EASTERN PACIFIC MARGIN OF CENTRAL MEXICO

Metcalfe Sarah¹, Davies Sarah², Aston Ben³, Byrne Roger⁴,
Champagne Marie⁵, Jones Matthew⁶, Leng Melanie⁷ y Noren Anders⁷¹University of Nottingham²Aberystwyth University³Yorkshire Water⁴* Deceased⁵USGS⁶BGS/University of Nottingham⁷Continental Scientific Drilling Coordination Office and LacCore Facility, University of Minnesota
sarah.metcalfe@nottingham.ac.uk

Progress has been made in establishing the broad temporal patterns of Holocene climatic variability across Mexico. There is evidence for increasingly complex Pacific and Atlantic climate forcings interacting over the late Holocene as the strength of orbital forcing declines, with the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) at the transition between different factors and differing responses to these factors. The spatial distribution and chronological resolution of lake records in the TMVB spanning the mid-late Holocene is variable with many affected by anthropogenic disturbance over the last 3,000 years. We present a palaeoecological and geochemical record from Laguna de Juanacatlán, located in a remote, highland region in the western TMVB. Diatom assemblages, XRF scanning data and bulk organic geochemistry on a 7.25 m composite sequence are combined with summary pollen data from a 9 m core to provide a detailed reconstruction of catchment and lake ecosystem changes over the last c. 6,000 years. Prior to c. 5.3 – 5.1 cal ka, relatively humid conditions prevailed, with dense oak-pine forest cover and a deep, stratified lake. Lower lake levels persisted from c. 5.1 cal ka to 0.9 cal ka, consistent with a weakening North American Monsoon. This period is punctuated by three dry phases around 4.8, 3.1 and 1.2 – 0.9 cal ka. Wetter but more variable conditions are observed over the last 900 years. A striking feature of the Juanacatlán record is the relatively recent and low level of Late Holocene anthropogenic disturbance compared with other sites across the TMVB. In recent decades, however, the lake ecosystem has changed markedly, potentially responding to wider atmospheric change as well as local catchment development.

SE14-8 CARTEL

ESTUDIO PALEOCLIMÁTICO Y PALEOAMBIENTAL DE ALTA RESOLUCIÓN EN LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DEL CRÁTER MAAR "LA ALBERCA" Y SU RELACIÓN CON LA HISTORIA DE LA FRONTERA NORTE MESOAMERICANA

Wogau Chong Kurt Heinrich¹, Böhnel Harald², WolfgangArz Helge³, Nowaczyk Norbert R.⁴ y Park Jungjae⁵¹Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, CGEO²Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla³Leibniz-Institute for Baltic Sea Research⁴Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ⁵Seoul National University

kurtwogau@gmail.com

El mecanismo responsable de las variaciones geográficas y sociales de la frontera norte mesoamericana, sigue siendo ampliamente discutido. Existen dos teorías propuestas para explicar tal fenómeno. La primera se asocia con degradación antropogénica y la segunda señala cambios climáticos drásticos, como prolongadas periodos de sequías. La escasez de registros paleoclimáticos-ambientales de alta resolución en la región mesoamericana, dificultan aún más esta discusión. El objetivo de este trabajo es realizar una reconstrucción paleoclimática-paleoambiental de alta resolución de los últimos 2500 años, para la región de la frontera norte mesoamericana, con el fin de conocer el principal mecanismo climático o antropogénico responsable de las oscilaciones geográficas y sociales. Para ello se utilizó una sección de sedimentos lacustres laminados del cráter maar "La Alberca", localizada en Valle de Santiago, Guanajuato. Las principales técnicas utilizadas fueron, fluorescencia de rayos-X de alta resolución, microsedimentología de varvas lacustres, magnetismo ambiental y fechamientos C14. Nuestros resultados, se compararon con registros de alta resolución sensibles a las variaciones del Monzón Norteamericano, como la espeleotema de Juxtlahuaca y con registros arqueológicos e históricos. En resumen, se interpreta alta variación en precipitación en el periodo Preclásico tardío e inicios del periodo Clásico (500 a.C.-350 d.C.), generada por eventos recurrentes del fenómeno climático "El Niño". Estudios arqueológicos señalan que el periodo entre los años 400-700 d.C., es caracterizado por una expansión de "agricultores avanzados" en la frontera norte mesoamericana finalizando, con un abandono masivo hacia el año 900 d.C. Nuestro registro muestra un claro periodo de sequía entre los años 690-880 d.C., sugiriendo que factores climáticos tuvieron repercusión en el desarrollo de culturas mesoamericanas en ese sector. Para el final del periodo Posclásico (1300-1550 d.C) se observa un máximo pluvial, correlacionado con el establecimiento de la cultura Tarasca en la zona.

SE14-9 CARTEL

EL LAGO DE CHAPALA, UNA HISTORIA DE SEDIMENTACIÓN CONTINUA DE FINALES DEL PLEISTOCENO Y HOLOCENO

Israde Alcántara Isabel¹, Espinoza Iván², Domínguez-Vázquez Gabriela³, Zárate del Valle Pedro Faustino⁴, Priyadarsi Roy⁵, Gogichaishvili Avto⁶ y Morales Juan⁷¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH²UNAM³UMSNH⁴Universidad de Guadalajara (CUCEI)

isaisrade@gmail.com

Se extrajo un núcleo de 27.15 m del lago de Chapala, al Oeste del Arco Volcánico Transmexicano a 1520 msnm. El registro de diatomeas, y proxies es continuo permitiendo reconstruir cambios paleoambientales durante los últimos 14,770 años. Los sedimentos son limo arcillosos a arcillosos masivos conteniendo mas tefras en la base, siendo la magnetita la mineralogía magnética dominante. De 11- 0.0m las laminaciones son marcadas. Estructuras de deformación asociadas a eventos sísmicos son visibles a 23m, 14m, 6m) Al final del Pleistoceno tardío (14,700-11,870 cal. yrs. aP) el lago era profundo con *Stephanodiscus niagarae* componiendo casi el total del registro del lago, en su entorno se desarrolló un bosque frío y húmedo dominado por *Pinus*. Un gran incendio se registra en la transición del Pleistoceno-Holoceno aumentando los porcentajes de COT. Al inicio del Holoceno (11,870-9,780 cal. yrs. aP) desciende el nivel del lago siendo *Aulacoseira granulata* como el taxón dominante interrumpido por *Cyclotella aff. kuetzingiana* como taxones subdominantes que indican un aumento de las condiciones iónicas y la turbidez en el lago; en la cuenca el bosque de Quercus cubrió la región, y los primeros géneros tropicales como *Fabaceae* y *Moraceae*. A partir del Holoceno medio el lago experimenta una regresión siendo dominante *Stephanodiscus medius*, *S. aff. nemanensis* y *Surirella ovalis* que se mantienen hasta la actualidad. La llegada del bosque tropical caducifolio en la región del Lago de Chapala, siendo *Boraginaceae*, *Bursera* los taxa polínicos característicos. Altos porcentajes de TIC empiezan a ser mas constantes en coincidencia con una constancia de *Surirella ovalis* en concordancia con una brusca disminución del polen arbóreo entre ca 9,000 y 6,220 cal yrs a.P. De 6,220 a 2,760 cal yr aP la ciclicidad de condiciones secas y húmedas son muy marcadas. De 4,000 años a la fecha la especie característica de aumento de la concentración iónica, *Surirella*, testimonia el continuo descenso del nivel del lago de Chapala De 2010 cal yr a.P a la fecha dominan diatomeas de ambientes lacustres turbios (*Aulacoseira granulata*) y bajos tirantes de agua con una gran diversidad de

formas epiíticas y perífíticas. En el contexto de la cuenca se establece un equilibrio entre el polen arbóreo y no arbóreo. Los incendios tienden a ser cíclicos a ca. 12,000, 7,000 y 3,000 cal yrs.a.P

SE14-10 CARTEL

REGISTRO DEL BØLLING-ALLERØD E INICIO DEL YOUNGER DRYAS EN EL LAGO DE LOS AZUFRES, CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Vargas-Pineda Sonia¹, Israde Alcántara Isabel²,
Dominguez-Vázquez Gabriela¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo¹
¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
²UMSNH
soivargas@hotmail.com

El lago Los Azufres se localiza en el centro de la caldera de Acoculco, Puebla. dentro de una región tectónicamente activa. De este lago se extrajo un núcleo de 205 cm para determinar el paleoambiente de los últimos miles de años mediante análisis de diatomeas, susceptibilidad magnética y Carbono. El fechamiento más antiguo hacia la base del núcleo tiene una edad de 13, 926 cal a.P años y en la cima se tiene una edad de 12,930 años a.P integrando el periodo interstadial Bølling-Allerød y el inicio del Younger Dryas, habiéndose depositado aproximadamente un metro en 1000 años. La sedimentación consiste de epiclastitas semiredondeadas que vienen cubiertas en discordancia erosiva por limos arcillosos que pasan a arcillas sobreyacidas por arenas volcánicas. La sucesión está coronada por carbonatos altamente endurecidos de origen hidrotermal que presentan oxidación. Las etapas de que presenta el lago en este periodo inician con el establecimiento de una Ciénega de aguas bajas donde domina eunothia sp, y se registra un alta concentración de minerales magnéticos que evidencia un periodo mayor erosión por el establecimiento del lago. Hacia la cima al final de Bølling-Allerød e inicio del Younger Dryas, eunothia viene substituida por Pinnularia interrupta sp., y Pinnularia amabilis sp. testimoniando un ambiente lacustre somero con condiciones ácidas y calidas.. Es también durante el YD que se registran evidencias de sismicidad en el lago testimoniadas por sismitas en los sedimentos lacustres.

SE14-11 CARTEL

GENERACIÓN DE REGISTROS PALEOCLIMÁTICOS DE ALTA RESOLUCIÓN MEDIANTE PERFILES DE REFLECTIVIDAD GRIS Y RGB EN ESTALAGMITAS

Chavero Anaya Luis Bernardo, Bernal Juan Pablo y Ramírez Pérez Quetzalcóatl
Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México
beax_07@ciencias.unam.mx

La obtención de datos de imágenes se ha convertido en los últimos años en una vertiente para realizar estudios indirectos y no invasivos en los diferentes sistemas terráqueos. El análisis de imágenes ha mejorado notablemente en la última década gracias al avance tecnológico en los últimos dispositivos para obtener imágenes digitales. Para este trabajo, se presenta la generación de series temporales de un par de estalagmitas bandeadas con fechamiento absoluto por U-Th de la región noreste de Brasil, escaneadas a alta resolución y procesadas con el software ImageJ-FIJI. Se extrajeron perfiles de intensidad de pixel en escala de grises, así como en los canales de color rojo, verde y azul (RGB). Los registros generados se contrastaron con los resultados obtenidos con indicadores geoquímicos de condiciones paleohidrológicas obtenidos mediante LA-ICP-MS, en particular la relación Mg/Ca, Sr/Ca, Ba/Ca, así como la abundancia de otros elementos traza. Estos también, comparados con registros paleoclimáticos de isotopos de oxígeno de la región de los últimos mil años, demuestran que existe una clara relación con la saturación de los canales de color y grises, en la formación de las bandas de las estalagmitas con cambios en la cantidad de precipitación meteórica a nivel regional. Estas series de tiempo generadas demuestran que es posible obtener información paleoambiental de alta resolución espacio-temporal a partir de los perfiles de color de las estalagmitas.

Sesión especial

PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS EN LA ZONA CRÍTICA: RESPUESTAS AL USO DEL SUELO Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

Organizadores:

Christina Siebe Grabach
Blanca Lucía Prado Pano
Lucy Natividad Mora Palomino
Silke Cram Heydrich

SE15-1

DESTINO AMBIENTAL DEL HERBICIDA ATRAZINA EN SUELOS REGADOS CON AGUA RESIDUAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL

Salazar Ledesma Maricarmen y Prado Pano Blanca
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 marsalled@yahoo.com.mx

En el Valle del Mezquital (VM), los cultivos han sido regados con agua residual cruda (AR) por más de 100 años. Dicha práctica ha ocasionado la formación de un acuífero estable y poco profundo que abastece de agua a la población local (aproximadamente 700,000 habitantes), y en el cual la buena calidad del agua subterránea contrasta con la del AR. En el VM, los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) son regados por inundación con AR, y se les aplica atrazina (6-cloro-N₂-etil-N₄-isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina) para el control de malezas, siendo esta una práctica realizada hace 20 años. La atrazina se aplica por aspersión de una solución de 5625 mg L⁻¹, dos días después de sembrarse la semilla y justo antes de la aplicación del riego. Los objetivos de este trabajo fueron: (i) evaluar la persistencia, movilidad y transformación de la atrazina, hidroxiatrazina (HA) y desetilatrazina (DEA) en una parcela agrícola regada con AR; (ii) evaluar la tasa de degradación de atrazina y su tiempo de vida media en campo y bajo condiciones controladas en el laboratorio; (iii) cuantificar las pérdidas de atrazina por lixiviación durante un ciclo de cultivo; (iv) evaluar la capacidad de adsorción-desorción de atrazina del suelo en función del número de años bajo riego con AR. Para ello, se monitoreó la presencia de atrazina, HA y DEA en el suelo, solución del suelo, agua de percolación y subterránea. Se cuantificó la pérdida de atrazina por lixiviación durante un ciclo de cultivo. La degradación de atrazina se estudió calculando la tasa de disipación en campo y en experimentos de incubación. La capacidad de adsorción-desorción del suelo se evaluó con experimentos en lote. La atrazina se detectó en el suelo y agua de percolación durante los primeros dos riegos realizados después de su aplicación. El metabolito HA se detectó únicamente en las muestras de suelo del primer y tercer riego (~0.08 mg kg⁻¹). El metabolito DEA sólo se detectó en el agua de percolación del segundo riego. En la solución del suelo, sólo se observó la presencia de atrazina (0.03-0.16 mg L⁻¹) en las muestras del primer riego. El tiempo de vida media de la atrazina fue de 16 días en campo y cuatro días bajo condiciones controladas. La masa de atrazina lixiviada en un ciclo de cultivo, representó el 1.6% de la masa total aplicada en la parcela (3.51 kg ha⁻¹). La capacidad de adsorción-desorción del suelo, fue mayor para la atrazina (K_d = 5 L kg⁻¹) que para HA y DEA (K_d = 1.3 L kg⁻¹), observándose que no aumenta de manera directa con el número de años bajo riego con AR. Se concluye que el comportamiento del herbicida depende principalmente del volumen de AR aplicada con el riego (~1,700 m³ ha⁻¹), y del momento en que este se realiza (justo después de la aplicación de atrazina).

SE15-2

USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE COMITÁN Y SU IMPACTO HISTÓRICO EN EL SISTEMA LAGUNAR DE MONTEBELLO, CHIAPAS

Mora Palomino Lucy, López Sara, García Monser, Caballero Margarita,
 Prado Pano Blanca, Bonifaz Roberto y Escolero Fuentes Oscar
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 lmora@geologia.unam.mx

El complejo lagunar "Lagunas de Montebello" ubicado en el estado de Chiapas, es un sistema lacustre de origen kárstico cuya recarga es principalmente vía subterránea (Vázquez y Méndez, 1994), representa el cuerpo receptor de la cuenca del Río Grande de Comitán, ya que conecta vía superficial las aguas que drenan toda la cuenca. A su paso, el río recibe materiales asociados a actividades urbanas y agrícolas. Los cambios en la coloración de las primeras lagunas han generando preocupación en la comunidad y autoridades sobre el origen del problema. Al cambio de usos de suelo y el crecimiento urbano, se les considera como las mayores fuentes de nutrientes que favorecen el incremento de nutrientes a los cuerpos de agua. Este trabajo aborda el estudio de las rutas de movilización y el destino de los nutrientes asociados a la actividad agrícola y el agua residual a lo largo de la cuenca del río grande, Montebello. La evaluación se concentró en los compuestos de N y la estimación de las tasas de sedimentación a la base de la cuenca asociados al incremento de nutrientes en los cuerpos de agua. La entrada de N al suelo se obtuvo de información de los agricultores, el N residual se determinó en muestras de suelo compuestas en parcelas bajo cultivo de jitomate y maíz, obtenidas en los principales tipos de suelos (leptosol, feozem, vertisol y luvisol). El aporte del suelo por erosión, como una ruta de movilidad, se estimó simulando la erosión del suelo usando el modelo USLE. El N proveniente de agua residual se determinó en cinco puntos localizados a lo largo del río. Finalmente, se describió el comportamiento de los nutrientes y la tasa de erosión a partir de la datación por Cs137, en un núcleo de sedimentos de uno de los lagos más impactados. El aporte de N en los suelos es mayor en suelos bajo cultivo de jitomate, en donde se evidencia mayor lixiviación. Los suelos tipo Luvisoles son los que reporta mayor ingreso de N en las zonas agrícolas. El modelo de erosión muestra que las zonas bajo cultivo aportan mayor cantidad de sedimentos a la cuenca. La concentración de N en las muestras de agua son mayores después de las zonas de descarga de las poblaciones de Comitán.

Finalmente, de estima aumento en la tasa de sedimentación en los últimos 20 años, asociado a aumento de nutrientes que llegan por diferentes rutas.

SE15-3

COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO ANUAL Y ESTACIONAL DE UNA CUENCA DE BOSQUE TROPICAL HÚMEDO DE MONTAÑA

Guzmán-Huerta Alitzel¹ y Muñóz-Villers Lyssette Elena²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 alitzel.guzman@atmosfera.unam.mx

Los ecosistemas de montaña son valorados mundialmente por sus recursos hídricos y su alta biodiversidad, y con el fin de examinar y evaluar su funcionamiento hidrológico es importante estudiar los componentes que controlan su ciclo del agua a nivel de cuenca. En este caso, la precipitación y el caudal son las entradas y flujos de agua de mayor volumen e importancia, siendo la precipitación la variable que se encuentra directamente influenciada por las variaciones climáticas (p.e. actividad ciclónica, sequía de medio verano), con posibles efectos en el caudal de los ríos a diferentes escalas temporales. Sin embargo, aún se conoce muy poco de cómo el caudal responde a distintos fenómenos hidrometeorológicos, lo cual es de gran importancia para el suministro de agua de la población y de las actividades productivas, así como para el control de inundaciones y sequías. Por lo que este trabajo examinó la precipitación y caudal de la cuenca del río Los Gavilanes (41 km²), centro de Veracruz, a escalas de evento, estacional y anual a partir de mediciones en campo durante dos años hidrológicos (mayo 2015-abril 2017). Los fenómenos hidrometeorológicos fueron identificados consultando los reportes del Servicio Meteorológico Nacional y de la Secretaría de Protección Civil del estado de Veracruz. Además, se utilizó el índice ONI reportado por la NOAA y la clasificación de Null, para conocer la posible presencia e intensidad de El Niño y La Niña durante el periodo de estudio. La precipitación anual promedio de la cuenca fue de 2691 y de 2523 mm para el año 2015-2016 y 2016-2017, respectivamente, mientras que el caudal anual observado fue de 1394 y 1937 mm. El flujo base fue el componente dominante del caudal en el río, con una aportación del 55 al 98% en el año 2015-2016 y del 85 al 98% en el año 2016-2017. Durante la época de lluvias (mayo-octubre), los fenómenos meteorológicos que caracterizaron y generaron los mayores flujos en el río fueron las vaguadas y las ondas tropicales; mientras que en la época de secas (noviembre-abril) dominaron los frentes fríos. El fenómeno de El Niño estuvo presente durante el año 2015-2016, observándose una disminución en la precipitación tanto a nivel estacional (época de lluvias) como anual. En el año 2016-2017, el fenómeno de La Niña estuvo presente, teniendo muy poco efecto sobre la precipitación en forma general. Como paso siguiente será estudiar el efecto de estos fenómenos sobre la relación precipitación-caudal a las escalas estacional y anual.

SE15-4

DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN UN ÁREA NATURAL CON DISTINTOS GRADOS DE CONSERVACIÓN DURANTE UN PERIODO ESTACIONAL EN UN BOSQUE TROPICAL SECO EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Vizuette Jaramillo Efraín Eduardo¹, Grahmann Kathrin², Mora Palomino Lucy³, Méndez-Barroso Luis Arturo¹ y Robles-Morua Agustín¹

¹Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, CP 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

²Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Uruguay, La Estanzuela, Ruta 50, Km 11, Colonia, Uruguay.

³Departamento de Edafología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., México.
 efra.vzt@gmail.com

Los flujos de nutrientes en ecosistemas naturales pueden variar dependiendo de la historia de uso de suelo, topografía, clima, acumulación de nutrientes en el suelo y tipo de vegetación. En algunos casos, la acumulación de nutrientes puede presentarse como un riesgo de contaminación el cual puede afectar los suelos, ríos, acuíferos y finalmente la flora y fauna. La cuenca del río Cuchujaqui está caracterizada por un clima semi-árido. Esta región recibe más del 70% de la lluvia anual generada durante el Monzón de Norteamérica en los meses de julio, agosto y septiembre cuando se espera el mayor movimiento de nutrientes. En este proyecto dos pequeñas cuencas conocidas localmente como "El Guayabo" (0.32 km²) y "El Halcón" (0.87 km²) fueron seleccionadas para cuantificar el flujo de NO₃-N, NH₄-N y PO₄ en el suelo y en el agua. Las cuencas fueron elegidas por tener una pequeña área de contribución y una diferencia significativa en el grado de conservación, gradientes de elevación, índice topográfico, uso de suelo y porcentaje de vegetación. Adicionalmente, se determinaron perfiles de suelos y se tomaron muestras para evaluar concentraciones de P, NO₃-N, NH₄-N y materia orgánica. En cada sitio se instalaron cajas y bolsas de resinas sobre los tributarios para medir el flujo de nutrientes. Las cajas de resinas fueron instaladas en el suelo a diferentes profundidades. Este método está caracterizado por mantener la estructura natural del suelo, por lo tanto, se obtiene información representativa del flujo vertical de nutrientes en el ambiente. Al final de la temporada, las cajas fueron removidas, divididas en cuatro diferentes capas y sometidas a un proceso de extracción con 0.5 M H₂SO₄. Las bolsas de resinas fueron ancladas en la roca

con cables resistentes sobre la superficie de los tributarios. Este método captura los nutrientes que son transportados en la superficie de los tributarios durante las lluvias. Desde la instalación, las bolsas de resinas fueron cambiadas cada dos semanas durante el verano. Los resultados con las cajas de resinas muestran que no hay diferencias significativas entre los sitios para las concentraciones de $\text{NO}_3\text{-N}$ ($p=0.6$) y PO_4 ($p=0.061$). Mientras que $\text{NH}_4\text{-N}$ ($p=0.0001$) presenta una diferencia significativa. Resultados con las bolsas de resinas muestra una diferencia significativa en las concentraciones de $\text{NO}_3\text{-N}$ ($p=0.014$) entre los sitios. Sin embargo, las concentraciones de $\text{NH}_4\text{-N}$ ($p=0.949$) y PO_4 ($p=0.749$) presentan diferencias significativas. En experimentos previos, las cajas de resinas han probado su eficiencia para evaluar diferencias significativas en sistemas agrícolas. Mientras que las bolsas de resinas han sido efectivas en investigaciones para medir la disponibilidad de nutrientes en suelos. Hasta ahora, estas metodologías no habían sido aplicadas en ecosistemas naturales donde pudieran medir el flujo de nutrientes que se mueven a través del suelo o del agua en un ecosistema con diferentes grados de conservación después de eventos extremos de lluvia.

SE15-5

DINÁMICA DEL AGUA Y NITRÓGENO EN PARCELAS AGRÍCOLAS CULTIVADAS CON MAÍZ REGADAS CON AGUA RESIDUAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL

Cayetano Salazar Mario, Siebe Christina y Prado Pano Blanca
Instituto de Geología, IGL UNAM
magic_1986@hotmail.com

El uso del agua residual para riego es una práctica llevada a cabo en varias regiones del mundo. Tiene como ventajas la optimización del uso del agua y el aporte de nutrimentos que incrementan la productividad agrícola. Sin embargo, también tiene desventajas, ya que aporta diversos contaminantes como sales solubles, metales pesados, compuestos orgánicos, lixiviación de nitratos y emisiones de gases de efecto invernadero. Es por eso que en varias regiones del mundo, se han elaborado normas ambientales que obligan a que el agua residual sea tratada. En nuestro país la región más grande regada con agua residual es el Valle del Mezquital, donde se lleva a cabo esta práctica desde hace un siglo. En esta zona se emplea el sistema de riego rodado y se aplican láminas de riego de 20 a 30cm. Actualmente se está construyendo la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco que tendrá una capacidad de tratamiento de 23 m³/s. El agua que será tratada en esta planta será usada para riego agrícola. Además de cambiar la calidad del agua se pretende tecnificar el campo usando riego por goteo. Es por eso que el objetivo de este trabajo es evaluar la sostenibilidad ambiental de los sistemas agrícolas para evaluar el uso eficiente de agua y nitrógeno: por un lado el sistema tradicional de riego con agua residual cruda, por el otro lado un sistema de agricultura tecnificada con riego por goteo con agua tratada, y un sistema agrícola convencional regado con agua de pozo. Para ello se monitorea una parcela de cada sistema de riego, cultivadas con maíz, en cada una se realizó un balance hídrico y de nitrógeno. Los resultados muestran que el sitio que usa mayor volumen de agua es el regado con agua residual con 13031 m³/ha, mientras que el sitio regado con agua tratada y agua de pozo usan solo 2436 y 1129 m³/ha. En cuanto al rendimiento del cultivo el sitio de agua residual produce 39 ton/ha de los cuales 14 corresponden a grano. Mientras que el sitio de agua tratada se producen 16 ton/ha de grano, en el sitio de agua de pozo 14 ton/ha. En cuanto al balance de nitrógeno en el sitio de agua residual se incorporan 238 kg de N en forma de amonio, en el agua tratada 62 kg con el agua de riego y se aplicaron 121 kg de nitrógeno en forma de urea y en el de agua de pozo se incorporaron 234 kg en forma de estiércol. La absorción por el cultivo fue de 430, 347 y 279 kg para el sitio de agua residual, agua tratada y agua de pozo respectivamente. En el sitio de agua residual se pierden por lixiviación 34 kg de N y por escorrentía superficial 157 kg. Con base en los resultados podemos concluir que el sitio de agua tratada y agua de pozo son los que usan con mayor eficiencia el agua y nitrógeno.

SE15-6

EFICIENCIA DE USO DE AGUA EN UN AGROECOSISTEMA DEL VALLE DEL YAQUI

Garatuza Payán Jaime, Vega Puga Masuly, Yépez Enrico A., Vargas Terminel Martha, Rivera Díaz Miguel Agustín y Argente Martínez Leandris
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
garatuza1@gmail.com

La agricultura intensiva en el norte de México es una actividad que utiliza grandes cantidades de agua para la producción de alimentos. Para tener un manejo sustentable del agua en la agricultura es necesario conocer la eficiencia de uso de agua (EUA) de los diferentes cultivos y como el EUA varía durante las distintas etapas de desarrollo. Los procesos que unen a los ciclos del carbono y del agua, a nivel de ecosistema o parcela, son la fotosíntesis y la transpiración, procesos con el que las plantas pierden agua para obtener el CO₂ que necesitan para producir biomasa. Esta compensación se define como la eficiencia del uso del agua, la relación de la asimilación de carbono(A) y la transpiración(E) ($EUA = A/E$). Para estudiar la dinámica del agua y del carbono a nivel de parcela en un agroecosistema (cultivo de trigo), se realizaron mediciones continuas de los flujos de CO₂(A) y H₂O(E) en una parcela experimental en el Valle del Yaqui utilizando la técnica de covarianza de vórtices durante el ciclo de cultivo 2016-2017 y se determinó WUE en cada fase fenológica del cultivo. Los primeros resultados muestran que el sistema

es más eficiente durante la etapa de espigamiento ($A=10.48 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, $E=3.52 \text{ mm d}^{-1}$, $WUE=3.1624 \text{ g C m}^{-2} \text{ mm}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) mientras que las menores eficiencias se presentan en las etapas inicial y de maduración (1.4958 y 1.5935 g C m⁻² mm⁻¹ H₂O, respectivamente). La eficiencia de uso de agua durante todo el ciclo fue de 2.17 g C m⁻² mm⁻¹ H₂O y una asimilación total de 726.5 g C m⁻², con una gran variabilidad, en ambos casos, durante todo el ciclo debido al desarrollo natural del cultivo.

Sesión especial

CIENCIAS DE LA TIERRA: UNA PERSPECTIVA DESDE EL EXTRANJERO

Organizadores:

Bernardo Bastián Olvera
Sarahí Arriaga Ramírez
Héctor Inda Díaz
Argel Ramírez Reyes

SE16-1 CARTEL

RED GLOBAL MEXICANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Bastien Olvera Bernardo Adolfo, Arriaga Ramírez Sarahí, Inda Díaz Héctor,
Ramírez Reyes Argel, Arellano González Jesús y Pilatowsky Gruner Raiza
University of California Davis
bastien@ucdavis.edu

Las ciencias de la Tierra tradicionalmente han sido de un alto interés científico en México. Su entendimiento ha brindado líneas guía para un desarrollo de nuestra sociedad más informado y por ello es importante seguir promoviendo un crecimiento vigoroso y de alto nivel en las disciplinas que conforman las ciencias de la Tierra. En esta plática se presenta un modelo conceptual del conocimiento en ciencias de la Tierra en México informado por investigación nacional e internacional. Dicho modelo esta conformado de flujos de conocimiento y actores a nivel global cuyas dinámicas sociales y académicas determinan el crecimiento de las disciplinas que conforman el área. El objetivo de esta plática es presentar posibles áreas de oportunidad y estrategias clave para fomentar el crecimiento de las ciencias de la Tierra en México basados en este modelo preliminar. Una estrategia clave identificada en esta etapa temprana del modelo es la creación de una sesión especial en la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, donde coincidan estudiantes e investigadores con experiencia en ámbitos internacionales o que busquen la oportunidad de desarrollarse en el extranjero y tengan perspectivas diferentes que beneficien a las ciencias de la Tierra en el país. Finalmente se plantea la creación de una Red Global Mexicana en Ciencias de la Tierra que materialice y unifique esfuerzos. Se espera contar con la participación de los asistentes entorno a la discusión de retos y oportunidades que observan y se convoca a participar activamente en la consolidación de dicha Red.

SE16-2 CARTEL

**PROMESAS Y LIMITACIONES DE LOS DATOS
GEOESPACIALES Y LA CIENCIA PARA ESTUDIAR
LAS COMUNIDADES AGRÍCOLAS INDÍGENAS DE
PEQUEÑOS AGRICULTORES: UN ESTUDIO DE CASO DE
CAFÉ E INVERNADEROS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS**

Sánchez-Luna María y McCarty Jessica
Miami University
sanchezmm@miamioh.edu

La agricultura a pequeña escala de café y la producción de flores en invernaderos en el altiplano de Chiapas es un sistema comercial altamente comercializado. Debido al predominio de la producción de café en pequeña escala, existen variaciones en los tipos de sombreado, el uso de cultivos mixtos y el tamaño del paquete. Dentro de este agroecosistema, el uso de invernaderos de plástico para la producción de flores se introdujo a fines de la década de 1980 por un corto período de tiempo y la comunidad ha continuado su uso en la actualidad. En este análisis, las técnicas SIG y la teledetección se utilizaron para rastrear el cambio en el uso del suelo agrícola y la transformación del paisaje tanto para café como para invernaderos del 2000 al 2018. Según investigaciones agrícolas previas en el área y datos preliminares recopilados de este estudio, es evidente que el cultivo en invernadero ha aumentado y que la producción de café ha seguido creciendo y los cafetos han sido sustituidos por híbridos resistentes a las enfermedades. En junio y julio de 2018 se completó una campaña de campo en Chiapas, en la que se visitaron tres sitios cafetaleros con un área promedio de 5 km², se tomaron datos de geolocalización y también se identificaron cuatro sitios de invernaderos con un promedio de 3 km², con más de 1,000 puntos GPS. Los desafíos de investigación en esta región predominantemente indígena en la producción de café y flores incluyen la falta de datos geoespaciales in situ, de muy alta resolución y de código abierto, así como tasas de expansión poco claras y prácticas de manejo de cultivos documentadas. Para ello, hemos recopilado narrativas anónimas de agricultores y las hemos comparado con los datos de muy alta resolución disponibles en Google Earth Pro.

SE16-3 CARTEL

**EL MODELO DE DISCRIMINACIÓN DE
FLUIDOS, HERRAMIENTA APLICADA PARA
LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE
PRODUCCIÓN DEL POZO COJÍMAR 100, EN CUBA**

Sandoval-Ochoa José Héctor¹ y Del Puerto Sánchez Julio Antonio²
¹Facultad de Ingeniería, UNAM, FI-UNAM
²Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)
jhsandovalchoa@gmail.com

La aplicación del modelo de discriminación de fluidos constituye una herramienta útil para la evaluación del potencial productivo del Pozo Cojimar-100, mediante la obtención de los resultados de predicción a partir de pruebas de producción. El análisis de las relaciones composicionales de gases en los intervalos de hidrocarburos productivos y no productivos se ha utilizado para la estimación preliminar y predicción del potencial en el yacimiento. En la integración, los análisis, el procesamiento y la interpretación de las diversas bases de datos

del pozo, sirvieron como complemento en la elaboración de los modelos conceptuales representativos de las zonas de petróleo, gas y agua, estimadas tridimensionalmente. Con la elaboración y aplicación de una metodología eficiente de trabajo, apoyada en la simplificación de un modelo digital de elevación, utilizado como base en pruebas de producción, se obtuvieron finalmente los resultados de la investigación, comprobados y validados satisfactoriamente durante la perforación del pozo en tiempo real. Estos resultados se reportan en: • Un Modelo de relaciones composicionales de los gases de los intervalos de hidrocarburos productivos y no productivos a escala 1:2000. • Una Tabla del modelo de discriminación de fluidos. • Un Modelo de Reclasificación de Hidrocarburos productivos y no productivos a escala 1:2000. Para mostrar la efectividad del modelo en esta investigación, fue fundamental el seguimiento de su objetivo, el cual era: • La Identificación de las zonas de hidrocarburos productivos y no productivos en el Pozo Cojimar-100, para tener la primera ponderación del yacimiento. PALABRAS CLAVE: Modelo de discriminación de fluidos, modelo de reclasificación de hidrocarburos productivos, Modelo Digital de Elevación (ponderación preliminar de un yacimiento).

SE16-4 CARTEL

**RED DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL:
JÓVENES VOLCANÓLOGOS LATINOAMERICANOS**

Jácume Paz Mariana Patricia¹, Forte Pablo², Bustos Emilce³, Gho Rayen⁴, Lazarte Zerpa Ivonne⁵, Manrique Nélida⁶, González Gino⁶ y Rodríguez Espinosa Diana⁷

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Circuito Exterior s/n. Ciudad Universitaria

²Institute of Geosciences, University of Mainz, Germany

³GEONORTE -INENCO (UNSA - CONICET), Salta, Argentina. Av. Bolivia 5150, A4400FVY, Salta, Argentina.

⁴Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Dirección Regional del Maule, Talca, Chile.

⁵Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú.

⁶Volcanes Sin Fronteras, ONG, Costa Rica.

⁷Grupo GRAMA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño, Colombia.
mapajapaz@hotmail.com

El desarrollo de la vulcanología en América Latina está marcado por un escenario regional común, con países que comparten fronteras, características socioculturales y desafíos científicos similares. En este trabajo se presenta la creación de la red Jóvenes Volcanólogos Latinoamericanos (JVLA), la cual surge como una estrategia científica y cultural en el campo de la vulcanología que busca generar lazos de cooperación contextualizados en las problemáticas regionales, nuevas oportunidades de especialización para estudiantes y jóvenes profesionales y difusión de las actividades en la región. Dentro de los proyectos de referencia de la red se enlistan: el 1er Encuentro de JVLA en el marco del congreso Cities on Volcanoes el día 22 de noviembre del 2016 en Chile, el 2do Encuentro de JVLA en Arequipa, Perú durante el 25 de abril del 2018, y el desarrollo del programa de pasantías en observatorios vulcanológicos para estudiantes latinoamericanos. Este programa es una iniciativa conjunta con la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO), y al momento ya se ha desarrollado una prueba piloto (julio – septiembre 2018) en el Observatorio Volcánico de los Andes del Sur (OVDAS), Chile, financiada por IAVCEI. Además, la red cuenta con una estrategia de comunicación que integra el uso de medios académicos convencionales, como los boletines especializados de agrupaciones del área (ej: Gaceta ALVO e IAVCEI Newsletter), con otros no convencionales, como es el caso de las redes sociales, con un alto impacto y diseminación entre jóvenes de todo el continente y público en general. Nuestra experiencia en los años que llevamos trabajando nos ha demostrado que la flexibilidad y carácter social de la comunicación son un pilar fundamental en los pasos de la colaboración internacional

Sesión especial

INTEGRACIÓN DE MÉTODOS DE EXPLORACIÓN EN GEOFÍSICA SOMERA

Organizadores:

Martín Cardenas Soto
Gerardo Cifuentes Nava
David Escobedo Zenil
Esteban Hernández Quintero

SE17-1

INTEGRACIÓN DE TOMOGRAFÍA DE RUIDO SÍSMICO CON MODELOS 3D DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA RESISTIVA Y MICROGRAVIMETRÍA. EL CASO DE COLAPSO DE UNA MINA SUBTERRÁNEA

Cárdenas-Soto Martín, Tejero Andrés, Nava Flores Mauricio,
Escobedo Zenil David, Vidal García Martín y García Serrano Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
martinc@unam.mx

La identificación de obstáculos en el subsuelo ha sido una tarea asignada a los métodos geofísicos de exploración. La representación final de los resultados es un modelo 3D que permite una mejor interpretación de las características del subsuelo. Un método que puede proveer una imagen 3D de la estructura en profundidad es la Tomografía de Interferometría Sísmica de Ruido Ambiental (TIRSA). La Interferometría Sísmica (IS) es una metodología por la cual se crea una nueva respuesta sísmica mediante la correlación cruzada de ruido sísmico registrado en dos puntos de observación. Esta correlación recupera la llamada Función de Green Empírica (FGE), la cual puede contener ondas de superficiales cuyas propiedades de dispersión pueden ser utilizadas para fines de exploración. En al menos un cuarto de longitud de onda se pueden definir características a la profundidad que impone la frecuencia instrumental mínima y la velocidad V_s del medio. En este trabajo construimos un modelo 3D de V_s mediante TIRSA para explorar las causas de un colapso súbito de una mina subterránea en la 2a sección del Bosque de Chapultepec, Ciudad de México. El colapso ocurrió cerca de un lago recreacional cuyo subsuelo esta compuesto de materiales vulcano-sedimentarios que fueron económicamente explotados a mediados del siglo XX. Esta explotación dejó una serie de minas subterráneas que fueron en su momento rehabilitadas para la construcción del parque. En ese sitio registramos ruido sísmico ambiental en tres arreglos cuadrangulares por un lapso de 30 min a una tasa de muestreo de 250 Hz. Los arreglos estuvieron conformados por 64 geófonos verticales (4.5 Hz) separados cada 2 m. Los resultados fueron confrontados con modelos 3D del subsuelo derivados de Tomografía Eléctrica Resistiva (TER3D) y la inversión de datos de micro-gravedad. Las FGE obtenidas muestran carácter dispersivo debido a que definen una curva de dispersión (modo fundamental de ondas de Rayleigh) cuya velocidad es cercana a 700 m/s a una frecuencia de 5 Hz, y tiende a valores de velocidad de 380 m/s en frecuencias cercanas a 16 Hz. Entonces, construimos imágenes de tomografía a partir del tiempo máximo de las FGE filtradas en 18 frecuencias centrales entre 4 y 16 Hz. Utilizamos el concepto de un cuarto de longitud de onda para crear un modelo 3D en función de la pseudo-profundidad. En el modelo distinguimos la irregularidad que describe la mina colapsada (5 m de profundidad) que encuentra rodeada por materiales con valores V_s promedio de 200 m/s. Por debajo de estos materiales se encuentra un estrato con $V_s > 450$ m/s. El modelo de TER3D muestra que las zonas de baja velocidad se deben a la saturación de los materiales, resultado que es corroborado por valores de baja densidad derivados del modelo de microgravedad. La integración de resultados indica que el colapso fue producido por un desequilibrio hidrostático de materiales competentes que son el relleno artificial que cubre diferentes áreas minadas.

SE17-2

ESTUDIO CONJUNTO DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (TRE) Y SÍSMICA DE REFRACCIÓN (SR) EN UN ACUÍFERO EN LA LOCALIDAD DE CONCEPCIÓN DE BUENA VISTA, OAXACA

García Serrano Alejandro¹, Aguirre Díaz Juan Pablo¹, Esteves Robles Sandra², Peña Gaspar Valeria², Ortiz Osio Manuel² y Vidal García Martín¹
¹Facultad de Ingeniería, FI UNAM
²Facultad de Ingeniería, FI UNAM
agarcia@unam.mx

Se realizaron levantamientos eléctricos y sísmicos sobre un acuífero, teniendo por objetivos: la caracterización de las zonas de extracción de agua para la comunidad de Concepción de Buena Vista en Oaxaca y delimitar el espesor del sedimento y el contacto con la roca caliza. Para cumplir con esto se realizó la conjunción de las dos metodologías de prospección geofísica con el fin de obtener una correlación en los resultados. Los estudios realizados de Tomografía Eléctrica Resistiva en dos dimensiones (TRE2D) y Sísmica de Refracción (RS2D), en las localidades de "Llano Grande" y "El Sauce", se llevaron a cabo los días 13 y 14 de abril del 2018. Los resultados obtenidos en cada uno de los métodos muestran información relevante para futuras acciones en infraestructura orientada a la mejor exploración y explotación del agua en dicha comunidad, delimitando horizontes de las diferentes propiedades medidas y asociándolas a la geología del lugar, con la finalidad de ubicar una zona en la que el acuífero tenga las condiciones óptimas o necesarias para la ubicación de un pozo. En los resultados se observa una capa de aluvión de no más de 7 [m] de espesor que sobreyace a las calizas. Se determinó que estas calizas presentan un posible fracturamiento e intemperismo alto, dado sus bajas resistividades (que oscilan entre los 3 y 20 [Ω m]) y una velocidad de propagación de 400 [m/s]; y presentar discontinuidades en las propiedades correspondientes, así mismo se interpreta una saturación importante de agua por debajo de esta.

SE17-3

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE MÉTODOS POTENCIALES Y CORRELACIÓN CON MÉTODOS ELÉCTRICOS DENTRO DEL CAMPUS USBI IXTACZOQUITLÁN DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA CON FINES DE EXPLORACIÓN SOMERA

Calderón Hernández Oscar Iván¹, García Serrano Alejandro², Aguirre Díaz Juan Pablo¹, Sánchez-González Jesús¹ y Cifuentes Nava Gerardo²
¹Facultad de Ingeniería, FI UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
oscar.930921@gmail.com

En la localidad de Sumidero, en el municipio Ixtaczoquitlán del estado de Veracruz se encuentra la Unidad de Servicios Bibliotecarios e Informáticos que, junto con algunas facultades de la Universidad Veracruzana, forman el campus USBI Ixtac. El complejo universitario intersecta los patrones de drenaje del río "Zonzo" lo que ha generado daños a las estructuras del campus. No obstante, se busca trasladar facultades de otros complejos de la Universidad Veracruzana al campus USBI-Ixtac. Es por todo lo anterior que las autoridades de la Universidad Veracruzana (UV) por medio de un convenio de colaboración con la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM, realizan un estudio integral para buscar hacer un análisis del subsuelo, con el fin de determinar la profundidad a la que se encuentra la capa dura. Así mismo, se busca conocer la distribución en profundidad de los sedimentos presentes en la zona. En este trabajo se tomaron los estudios gravimétricos y magnetométricos realizados en junio del 2013 con el fin de localizar los objetivos de interés. En el caso Gravimétrico se obtuvieron las anomalías de Bouguer completas y se propuso un modelo geológico tomando como referencia el perfil de mayor extensión. En el caso Magnetométrico se obtuvo la señal analítica de la malla realizada y se calculó la deconvolución de Euler; así mismo se obtuvo un modelo geológico tomando en cuenta los resultados de las profundidades de la deconvolución. Una vez obtenidos los resultados de los métodos potenciales se buscó correlacionarlos con los obtenidos por la prospección eléctrica para así obtener una mejor descripción de las estructuras de la zona. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten determinar las profundidades y espesores aproximados para las formaciones geológicas de la zona. Lo que permite inferir una posible localización para las futuras construcciones que realice la Universidad Veracruzana.

SE17-4

ESTUDIO GEOFÍSICO INTEGRAL EN LA LOCALIDAD DE SAN ISIDRO LAGUNAS, OAXACA

Aguirre Díaz Juan Pablo, García Serrano Alejandro, Peña Gaspar Valeria, Ortiz Osio Manuel y Esteves Robles Sandra
Facultad de Ingeniería, FI UNAM
paguirre@unam.mx

Se realizó un estudio geofísico en la parte norte y sur de San Isidro Lagunas, los métodos empleados fueron: el método de prospección gravimétrica y magnetométrica, prospección eléctrica y prospección sísmica. Los levantamientos tienen objetivos orientados a la geotecnia, con el propósito de elaborar una correcta descripción geológica de la zona, determinar las condiciones de las diferentes litologías y delimitar el contacto entre estas, así como conocer el grado de saturación de agua en el lugar. Todo esto permitió determinar una adecuada interpretación geohidrológica; la cual brinda información para los diferentes fines en beneficio de la comunidad que posteriormente ayudará a su correcto aprovechamiento en la agricultura u otras cuestiones. Los resultados de los estudios de gravimetría y magnetometría muestran una anomalía que puede asociarse al contacto entre las dos diferentes litologías presentes en el valle. Por otro lado, la tomografía de resistividad eléctrica (TRE 2D) nos muestra un medio fracturado en las rocas calizas en donde está localizada una presa construida en los años 80 y que ha presentado filtraciones sustanciales que no permiten un almacenamiento adecuado a los usos que requiere la comunidad. En el caso del estudio de prospección sísmica nos proporcionó información del modelo de velocidades que se correlaciona adecuadamente al estudio de eléctrica en relación con las características de fracturamiento y estado de consolidación de la litología de la zona.

SE17-5

MODELOS 3D DE VELOCIDADES DE ONDAS SÍSMICAS Y DE DENSIDADES DE LA PIRÁMIDE DEL SOL EN TEOTIHUACÁN, MÉXICO

Piña-Flores José¹, Sánchez-González Jesús², Nava Flores Mauricio², Sarabia González Alejandro³, Sánchez-Sesma Francisco José⁴ y Escobedo Zenil David²

¹Posgrado de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

⁴Instituto de Ingeniería, UNAM

ead2009@hotmail.com

Teotihuacán es uno de los sitios arqueológicos más importantes de México y es la ciudad más representativa del período clásico en el altiplano mexicano central. En el sitio arqueológico se destacan dos estructuras monumentales: las pirámides de la Luna y el Sol. Siendo esta última la más grande y representativa de la zona. Con el objetivo de conocer la distribución espacial de las velocidades sísmicas y de densidades en el interior de la Pirámide del Sol, se realizó una campaña de mediciones de ruido sísmico ambiental y micro gravimetría distribuidas en los diferentes niveles de la pirámide. En este trabajo se muestran resultados preliminares de los cocientes espectrales H/V (HVSR) y modelos en 3D de distribución de velocidades de ondas sísmicas y de densidades, los cuales muestran anomalías que son congruentes a los rasgos superficiales de la Pirámide y a lo observado en el estudio de Millon en la década de los 50's. Además, servirán para comprender el efecto de amplificación de la estructura, la heterogeneidad dentro de la pirámide y un mejor entendimiento de los procesos constructivos del monumento.

SE17-6

MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA SOMERA APLICADOS EN DIVERSOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS EN MÉXICO: EXPERIENCIAS EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS, INTERPRETACIÓN E INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, García Serrano Alejandro² y Flores García Walter Antonio³

¹Servicio Magnético-Instituto de Geofísica de la UNAM, Geofísica UNAM

²División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería UNAM

³Pogradio en Ciencias de la Tierra

estebanh@geofisica.unam.mx

Se presentan varios estudios geofísicos someros realizados entre 2009 y 2017 en San Miguel Tocuila; Chapingo; y la zona arqueológica de Teotihuacán (Estado de México); así como en Xalasco (estado de Tlaxcala); considerando la utilización de dos o más métodos geofísicos de exploración. Para ejecutar los estudios presentados se utilizaron los métodos de magnetometría, tomografía de resistividad eléctrica (galvánica y capacitiva), tomografía de refracción sísmica y el radar de penetración terrestre. Uno de los objetivos de este trabajo se enfoca a la aplicación de técnicas geofísicas y como se han hecho más accesibles gracias al desarrollo de nuevas tecnologías portátiles; su uso en la arqueología moderna incluye magnetometría, tomografía de resistividad eléctrica, radar de penetración terrestre (GPR) y más recientemente, la tomografía por refracción sísmica (Chavez et al., 2001; De Domenico et al., 2006; Leucci, 2003; Leucci et al., 2007). También se describe la integración de las metodologías para caracterizar las estructuras subterráneas aplicando métodos no destructivos, que permiten identificar rasgos naturales y/o estructuras artificiales que proporcionan información útil para estudios arqueológicos. La integración de los resultados son presentados de acuerdo a las características de cada sitio estudiado; siendo una herramienta de gran utilidad la correlación cualitativa de los datos. Como parte del desarrollo metodológico a través del tiempo, también se propone un abanico de técnicas de adquisición de datos en el campo (etapa exploratoria); así como el uso alternativo de filtrado y/o realce de la información geofísica; lo cual hace posible mejorar sustancialmente la interpretación de los resultados de manera interdependiente. En el caso de Xalasco, fue de gran utilidad el uso de herramientas adicionales de procesamiento tal como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitieron construir capas de información para localizar zonas anómalas de interés con datos de magnetometría y tomografía de resistividad eléctrica empleando Álgebra de mapas. Entre las conclusiones más sobresalientes pueden citarse la diversificación de los métodos de procesamiento de los datos, el perfeccionamiento y el desarrollo de instrumentación portátil; y la integración de procedimientos que formen parte de un menú más amplio para resolver problemas en la arqueología actual.

SE17-7

ESTUDIO GEOFÍSICO CONJUNTO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA RESISTIVA (TRE 3D) Y TOMOGRAFÍA DE INTERFEROMETRÍA DE RUIDOS SÍSMICO AMBIENTAL (TIRSA) PARA DELIMITAR ANOMALÍAS EN CUERPOS BASÁLTICOS SOMEROS

Escobedo Zenil David, Cárdenas-Soto Martín, Tejero Andrés, Sánchez-González Jesús, García Serrano Alejandro y Peña Gaspar Valeria
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
dezenil@unam.mx

Se realizó un estudio de Tomografía Eléctrica Resistiva 3D (TRE 3D) y Tomografía de Interferometría de Ruido Sísmico Ambiental (TIRSA 3D) en la zona del sur de Ciudad Universitaria donde se observan afloramientos de roca basáltica provenientes de la erupción del Xitle (Siebe, C., 2009). El lugar de estudio presenta un relleno con diferentes escombros que incluyen pedacería de roca basáltica de la zona donde se proyectó y realizó la construcción de un edificio con aulas para la docencia. El objetivo del estudio fue determinar la posible existencia y morfología de tubificaciones y cavernas, similares a las observadas en otros predios que corresponden a la misma colada, las cuales comprometerían la obra civil programada. Los estudios TRE 2D y TIRSA 3D revelan la existencia de una morfología compleja de la colada basáltica en el predio, en donde ambos estudios logran delimitar dos tubificaciones a diferentes profundidades, así como una remarcada zona de relleno que presenta bajas resistividades asociadas con saturación de agua. Los resultados de ambas metodologías confirman que la aplicación de dos métodos geofísicos conduce a interpretaciones más robustas para la delimitación de anomalías en problemas de ingeniería aplicada.

SE17-8

APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE GEOFÍSICA SUPERFICIAL PARA IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LAS ANOMALÍAS PRODUCIDAS POR UNA MINA SUBTERRÁNEA

Sánchez-González Jesús, Cárdenas-Soto Martín, Escobedo Zenil David, Tejero Andrés, Vidal García Martín, Aguirre Díaz Pablo y Esteves Robles Sandra
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jsanchez@unam.mx

En la zona de la 2a sección del Bosque de Chapultepec, CDMX, evaluamos los alcances y limitaciones de varios métodos geofísicos para evidenciar la presencia de una mina subterránea. En el área de estudio ocurrió una subsidencia súbita de material que produjo una oquedad vertical de 3 m de diámetro y 12 m de profundidad. Se trata de una mina de cuatro galerías con un desarrollo total de 2,113.77 m y que incluyen siete ramales secundarios. El desnivel máximo desde la superficie del terreno a las diversas galerías y ramales es de 23 m a partir de la oquedad. Mediante métodos de sísmica activa y pasiva determinamos la estructura de velocidad de ondas de corte del subsuelo en los primeros 50 m de profundidad. Resultados de Tomografía de Interferometría de Ruido Sísmico (TIRSA) indican que la estructura de la mina produce anomalías con valores de velocidad de al menos dos órdenes de magnitud mayores que la velocidad promedio del subsuelo. El estudio de Tomografía de Resistividad Eléctrica indica que la estructura de la mina se encuentra asociada a un horizonte de alta resistividad, donde la forma geométrica de la oquedad produce una anomalía con valores de resistividad moderadamente mayores a tal horizonte. El empleo de métodos sísmicos y eléctricos está limitado por el diseño de adquisición (extensión lateral), y principalmente porque la mina se encuentra en un horizonte cuyos contrastes de propiedades no son significantes en la dirección vertical. Resultados de métodos potenciales, gravimetría y magnetometría, permiten delimitar anomalías relacionadas con el cuerpo de la mina y la presencia de otras estructuras con respuesta similar a la oquedad en la zona circundante. Las anomalías gravimétricas negativas encontradas nos indican la dirección y límites de la mina, indicando que puede existir una continuación y ensanchamiento de la mina debido a la filtración de agua. De igual forma, los dipolos magnéticos encontrados, que se correlacionan con las anomalías gravimétricas, indican los límites de la estructura, ya que su formación se deberá al cambio abrupto de magnetización entre la oquedad y el medio circundante. El análisis conjunto de los diferentes tipos de estudios ayudara a generar una interpretación integrada de la mina, caracterizando sus límites, dimensiones, volumen y medio circundante, información que un solo método sería incapaz de generar.

SE17-9 CARTEL

INVERSIÓN LINEAL 1-D DE CURVAS DE DISPERSIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES: CASO DE ESTUDIO EN XOCHIMILCO

Aguilar Velázquez Manuel de Jesús, Tago Pacheco Josué y Cárdenas-Soto Martín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
manuel.aguilar.411@gmail.com

La inversión de curvas de dispersión de ondas superficiales ha sido una herramienta muy utilizada para obtener modelos de velocidad a profundidad. El auge de los métodos de sísmica pasiva ha hecho que esta forma de inversión sea utilizada

para resolver problemas de exploración geofísica somera, mediante la obtención de curvas de dispersión de velocidad de fase de ondas Rayleigh a partir de la correlación de ruido entre pares de estaciones. En este trabajo se utiliza la estrategia de inversión lineal propuesta por Haney y Tsai (2015), que extiende la aproximación de Dix, utilizada en sismica de exploración, al contexto de inversión de ondas superficiales. La linealización implica una aproximación biexponencial de las eigenfunciones de las ondas superficiales de ondas Love y Rayleigh. Asimismo, se propone un análisis derivativo de la respuesta lineal para obtener modelos simples de velocidad. La estrategia completa se aplicó en una zona de estudio en Xochimilco con curvas de dispersión de ondas de Rayleigh calculadas a partir de ruido sísmico. El código desarrollado es libre con licencia MIT, utiliza la paquetería "Computer programs in Seismology" (Hermann, 2013) y está disponible para toda la comunidad geofísica. Referencias: - Haney, M. y Tsai, V., (2015), Nonperturbational surface-wave inversion: A Dix-type relation for surface waves, *Geophysics*, 80, 6 pp. EN167-EN177. - Hermann, R.B. (2013), Computer programs in seismology: An evolving tool for instruction and research, *Seism. Res. Lett.*, 84, 1081-1088, doi:10.1785/0220110096.

SE17-10 CARTEL

EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA Y TELEDETECCIÓN COMO AUXILIARES EN INVESTIGACIONES DE ARQUEOLÓGICA FORENSE

Quiroz Suárez Diego¹, Caccavari Garza Ana², Silvan-Cárdenas José Luis³, Quinto-Sánchez Mishra⁴, Cifuentes Nava Gerardo⁵, Hernández Quintero Juan Esteban⁶ y López Valdés Néstor⁷

¹Posgrado Ciencias de la Tierra, PCT

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo"

⁴Ciencia Forense, UNAM

diego.qsuarez@gmail.com

En este trabajo se presentan los 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 realizaron tanto sondeos geofísicos: tomografía de resistividad eléctrica capacitiva (TREC), sondeos de conductividad (CMD) y de Radar de Penetración Terrestre (GPR), como de teledetección: monitoreo hiperespectral, monitoreo térmico y fotogrametría, durante el periodo de nueve meses. Se busca, correlacionar los resultados que se obtengan, analizar y evaluar el uso de los diferentes métodos geofísicos y ópticos, y plantear una metodología funcional que permita optimizar la obtención de la información como la geometría y las propiedades físicas de los objetos y estructuras enterradas, aplicado a la arqueología forense. Los métodos geofísicos de exploración y de teledetección son una herramienta importante en los estudios de arqueología forense, ya que, al ser métodos no invasivos, ayudan a caracterizar la zona de interés reduciendo la pérdida de información material y optimizando el tiempo de búsqueda y de excavación, aportando además de un registro físico. El campo de pruebas se localiza en el pueblo de San Bartolo Xicomulco, en la delegación Milpa Alta de la Ciudad de México. Tiene área de 464 [m²], donde se distribuyen siete fosas, con diferentes profundidades, contenidos y condiciones.

SE17-11 CARTEL

ESTUDIO GEOFISICO PARA CARACTERIZAR LOS ESTRIBOS DEL PUENTE DE LOS LEONES EN LA PRIMERA SECCION DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

Peña Gaspar Valeria, Cárdenas-Soto Martín, Aguirre Díaz Juan

Pablo, García Serrano Alejandro y Esteves Robles Sandra

Facultad de Ingeniería FI, UNAM

valepega@hotmail.com

Presentamos resultados de la integración de métodos sísmicos (refracción sísmica y cocientes espectrales H/V) con Tomografía de Resistividad Eléctrica para explorar la subsidencia local de los estribos del Puente de los Leones, 1ª Sección del Bosque de Chapultepec. Este puente comunica la Estela de Luz con el Monumento a los Niños Héroes, y por el cruzan diariamente decenas de visitantes al Bosque. Los resultados de sísmica de refracción muestran que los estribos del puente se encuentran sobre la capa compresible (valores de Vp y Vs de 1000 y 90 m/s, respectivamente). No es posible evidenciar al sustrato competente debido a las atenuaciones que imponen las arcillas del sitio. Sin embargo, el modelo 1D asociado a la frecuencia del sitio muestra que el espesor de la capa compresible es de 23 m. Los resultados de Tomografía Eléctrica en el lado Este del Puente indican que no existe variación significativa de la resistividad en función de la profundidad (resistividades de 20-40 #m). Hacia la parte poniente, y a una profundidad promedio de 5 m, se encuentra una zona de material saturado que sigue la pendiente del terreno hacia la Av. Circuito Interior. Así, la subsidencia local de los extremos del puente (principalmente del lado de la Estela de Luz), se debe a que los estribos no están anclados en el sustrato y a la inestabilidad del talud artificial producida por la saturación de los materiales arcillosos del sitio.

SE17-12 CARTEL

TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE FUENTE ACTIVA. APLICACIÓN A SITIOS ARQUEOLÓGICOS

Gómez Lindoro Antonio, Cárdenas-Soto Martín, Aguirre

Pablo, Peña Gaspar Valeria y García Serrano Alejandro

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

king-nido@hotmail.com

En este estudio se muestran resultados de tomografía de promedio de tiempo de viaje utilizando fuentes y receptores en superficie. Aplicamos el método en torno a dos sitios arqueológicos a fin de evidenciar la estructura o vestigios competentes con respecto al subsuelo circundante. Para ello utilizamos arreglos cuadrangulares de 48 o 72 sensores verticales de 4.5 Hz y como fuente la percusión sobre una placa metálica. Las imágenes son corroboradas con perfiles de sísmica de refracción, tomografía eléctrica, y en un sitio, además, aplicamos Tomografía de Interferometría Sísmica de Ruido Ambiental (TIRSA). El primero de estos dos sitios se encuentra en la zona arqueológica de Plazuelas, ubicada en el estado de Guanajuato. El levantamiento en este sitio se realizó alrededor del basamento piramidal principal del conjunto conocido como Casas Tapadas. Los datos utilizados para la segunda tomografía sísmica fueron recabados en el pueblo San José Xalasco, en el municipio de Altzayanca en el estado de Tlaxcala. En este sitio el estudio fue realizado en una de las diversas estructuras arquitectónicas que datan de la época prehispánica. La tomografía permite identificar anomalías cercanas a la superficie y los resultados son consistentes con los otros métodos. Resolvemos las velocidades de dos capas que también se observan en las secciones de refracción sísmica y de tomografía de resistividad eléctrica. La distribución de velocidades en profundidad corresponde con las velocidades del estrato refractor. Concluimos que la tomografía de fuentes y receptores en superficie permite identificar la distribución lateral de anomalías de velocidad someras. No es posible delimitar éstas en profundidad debido a que se pueden encontrar en un estrato de espesor considerable, o bien las ondas refractadas, o difractadas por el objetivo, en el estrato inmediato inferior no permiten obtener variaciones de tiempo de viaje que resuelva la inversión.

SE17-13 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS Y RUIDO SÍSMICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN RELLENO ANTROPOLÓGICO

Martínez-González José A.¹, Sánchez-González Jesús² y Mina Raúl³

¹Ingeosis

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Ingeum Ingeniería

jose.martinez@ingeosis.com.mx

En este trabajo se describe la realización de tres perfiles de tomografía eléctrica de longitud de 270m con arreglo Wenner-Schlumberger y el ensayo de ruido sísmico para el cálculo de periodos fundamentales. Se conoce que la zona de estudio en la zona sur presenta zonas con relleno antropogénico de más de 50 metros de espesor; con lo que la profundidad de exploración otorgada por el método eléctrico es insuficiente. Para resolver el inconveniente, con apoyo de los periodos dominantes, se calculó una velocidad de onda Vs promedio para los depósitos de relleno, a partir de la información de espesores obtenida con las tomografías eléctricas. Se calcularon espesores máximos de 57 metros de relleno. Nuestros resultados fueron confirmados con exploración geotécnica con Pruebas de Penetración Estándar. Se obtuvo un margen de error de 40 cm entre la exploración directa y los métodos geofísicos empleados.

SE17-14 CARTEL

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

Flores Walter Antonio 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 a distancias que 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 Altzayanca, 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 para el uso agrícola, en el que se han identificado una variedad de muestras físicas trabajadas por el hombre. El objetivo de este trabajo fue crear una metodología en el 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 eléctrica (TRE) empleando Álgebra de mapas para realizar la suma de variables (intensidad de campo total y resistividad eléctrica). Este último mapa creó una guía regional para analizar zonas de interés y a partir de él 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 sobre el mapa magnético, se realizó inversión de datos mediante métodos de optimización de funciones para estimar parámetros de fuente en ambas secciones. Finalmente, ambas anomalías formaron parte del cálculo de la Deconvolución de Euler. En base a los resultados obtenidos fue posible crear una metodología que mejorará la interpretación de la zona de estudio debido a la planificación de estudios regionales y puntuales.

Sesión especial

GENERAL

Organizador:
Ligia Pérez-Cruz

SE18-1 CARTEL

TALLERES DE CIENCIA PARA JÓVENES Y PARA PROFESORES, SEMILLEROS DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Gómez González Juan Martín¹, Muñoz Torres María Carolina¹, Silva-Corona J. Jesús¹, Peña Cheng Lourdes Magdalena², Sánchez Ramos Marco Antonio³ y Cantoral Uriza Enrique Arturo⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad Tecnológica de Querétaro

³Facultad de Ciencias Naturales, UAQ

⁴Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, FC, UNAM.

gomez@geociencias.unam.mx

Durante 10 años hemos llevado a cabo, en Querétaro, los Talleres de Ciencia para Jóvenes (TCJ), y durante 4 años los Talleres de Ciencia para Profesores (TCP). Ambos proyectos son multidisciplinarios y se desarrollan simultáneamente durante la última semana de junio. En ellos se ofrecen talleres científicos, seminarios, prácticas de laboratorio y excursiones de campo, entre otras actividades. El TCJ busca motivar e inducir a los estudiantes de bachillerato hacia la investigación, para ello incluye un taller de orientación educativa para apoyarlos en su decisión profesional. El TCP ofrece a los profesores herramientas que puedan aplicar con sus estudiantes e incluso estrategias para implementar sus propias investigaciones. Un elemento común y fundamental en ambos proyectos son los monitores, estudiantes principalmente de licenciatura de las universidades públicas más importantes en Querétaro (UNAM, UAQ y UTEQ), quienes apoyan en la organización, logística y desarrollo de los talleres. Su participación facilita la participación y desarrollo de los investigadores. La experiencia y cercanía en edad con los estudiantes de bachillerato los convierte en una referencia confiable de información académica, profesional y personal para hacer una elección adecuada de carrera. Los monitores establecen su propia organización interna, ejercen un liderazgo diferenciado en función de su experiencia y área del conocimiento. En el TCJ y TCP existen foros de reflexión entre los talleristas con los investigadores, y con los monitores, en ambos espacios se comparten experiencias académicas, vicisitudes familiares y recomendaciones personales. Varios de los monitores son extalleristas que buscan retribuir a las nuevas generaciones el apoyo que han recibido, otros se han incorporado hacen gracias a la convivencia que han tenido con algunos de los monitores, o por un interés manifestado en la difusión de la ciencia. La variedad en el nivel académico de estos estudiantes de licenciatura permite un relevo de responsabilidades en cada edición de los Talleres. Estos estudiantes se caracterizan por ser activos, entusiastas, participativos y comprometidos. Varios de ellos ya participan, a su corta edad, en proyectos institucionales de investigación en sus dependencias y otras instituciones. También llevan a cabo sus propios proyectos de difusión y divulgación, en los que promueven la colaboración con otros estudiantes. Los Talleres de Ciencia han madurado, y junto con ellos nuestros monitores. Nuestros monitores son una inversión en recursos humanos apreciable a mediano plazo, tanto en la investigación como en la difusión y divulgación de la ciencia. Estos jóvenes de licenciatura cumplen con la responsabilidad social que adquirieron al ingresar a las universidades públicas participantes en estos proyectos.

SE18-2 CARTEL

SINERGIA ENTRE LA CONDICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE Y LAS ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE: CASO DE ESTUDIO “LÍNEA 2 DEL METRO” DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

Barrón Duarte Alejandro, Yépez Rincón Fabiola Doracely, Ferriño Fierro Adrián Leonardo, Ramírez Serrato Nelly Lucero, Escobedo Tamez Andrea Nathaly, Mancilla de la Cruz Yris Laura, Jiménez Miguel Fernando y Chávez Gómez Jorge H.
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
ing.barrond@gmail.com

La infraestructura urbana juega un rol importante en el funcionamiento de las ciudades como medio de transporte, vivienda, seguridad, etc. El metro o ferrocarril metropolitano forma parte de la infraestructura urbana de transporte en algunas ciudades, es un sistema de trenes urbanos ubicado dentro de una ciudad y su área metropolitana que se caracteriza por ser un transporte masivo de pasajeros en las grandes ciudades, uniendo diversas zonas y sus alrededores, con alta capacidad y frecuencia y de forma segregada a otros sistemas de transporte. En el Área Metropolitana de Monterrey que actualmente su población asciende a más de 5.1 millones de habitantes (INEGI, 2015) el metro es el principal medio de transporte público que moviliza a grandes masas. Se cuenta con 3 líneas, la primera línea fue inaugurada en 1991 con una longitud de 18.82 km, 2 vías y 18 estaciones, la línea 2 en 1994 con una longitud de 13.750 km, dos vías y 13 estaciones, y la línea 3 se encuentra en proceso de construcción y se calcula que movilizará a 280 mil pasajeros. El Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey ha llevado a cabo mediciones iniciales del viaducto desde inicios de 2010, implementando un sistema de monitoreo de deformación automatizado con la finalidad de medir las deformaciones en puntos específicos de la línea dos del metro. Estudios recientes señalan que los problemas de movilidad urbana son el resultado de la rápida urbanización y tiene múltiples efectos en las economías urbanas. Si la estructura urbana no responde apropiadamente a los requerimientos de espacio y al movimiento eficiente de personas y bienes, entonces vienen los

problemas de congestión, de saturación, de inmovilidad, entre otros. Esto conlleva paulatinamente a la generación de un ambiente urbano poco propicio para el desarrollo armónico de la sociedad y a la reducción del nivel de vida. Esta investigación plantea un levantamiento 3D de la estructura para inspeccionarla y evaluar las condiciones mediante un sistema de monitoreo remoto que pueda medir los cambios dinámicos de la estructura tanto morfológicos como de exposición de secciones con indicadores que pudieran dañar el metro existente sobre la Línea 2. El sistema de monitoreo georreferenciado se compone de subsistemas de sensores, datos subsistema de adquisición y transmisión, y subsistema de gestión de datos, que puede reducir al máximo la interacción entre la operación de monitoreo y la estructura del metro. El subsistema sensor consiste en un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) equipado con sensores de alta resolución métrica y espectral y un sistema en tierra denominado Ground Laser Scanner (GLS). Realizar un estudio por medio de sensores remotos ópticos de alta resolución métrica y espectral, y tecnología LIDAR, así como la evaluación de las estrategias de movilidad urbana sustentable nos permitirá evaluar las condiciones actuales de la estructura “Línea 2 del Metro” del Área Metropolitana de Monterrey para la prevención y mitigación de posibles problemas detectados que puedan causar un mal funcionamiento y riesgos a la población y a la dinámica de movilidad urbana.

SE18-3 CARTEL

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ARROYOS PERTENECIENTES A LA FORMACIÓN COMONDÚ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Madrid Amao Silvia, Flores López María, Pérez Venzor José Antonio y Camarena Vázquez Jesús Guillermo
Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Ciencias de la Tierra
smadrid.amao@gmail.com

La gestión integral de cuencas es una herramienta que permite identificar problemáticas referentes al recurso hídrico, sobre todo en sitios donde existe escasez del mismo. La región central-norte del estado de Baja California Sur, en su porción septentrional, se caracteriza por presentar condiciones desérticas y un régimen hídrico de escasas precipitaciones lo cual la convierte en un escenario vulnerable al contexto climático. Esto conlleva procesos de desertificación que son uno de los problemas ambientales que inciden directamente a las zonas áridas. Por ello es relevante realizar una gestión adecuada de los recursos, ya que las condiciones climatológicas y geológicas de la región no favorecen la recarga de acuíferos y cuerpos de aguas superficiales. Geológicamente la región centro oriental de Baja California Sur es definida como la provincia geológica Sierra de la Giganta, donde en gran medida afloran rocas volcánicas alternadas con rocas sedimentarias agrupadas bajo la denominación de Formación Comondú, y recientemente como Grupo Comondú. En la investigación se llevaron a cabo 15 mediciones para determinar las propiedades físico-químicas de arroyos localizados en los límites de la Formación Comondú. La extracción de muestras se realizaron en la margen superficial de los arroyos de sitios como San Isidro, La Purísima, San Miguel de Comondú, San José de Comondú, Estero San Gregorio y Las Pocitas ubicados en el municipio de Comondú (Cuenca Los Comondú, La Purísima, San Juan, Las Pocitas). Se determinaron parámetros in situ tales como velocidad del agua, ancho de cauce, profundidad del afluente, los sólidos totales disueltos, TDS, conductividad eléctrica, pH, temperatura, entre otros, tomando como base la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. La metodología utilizada considera relevante determinar si las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua analizados presentan niveles con cierto grado de homogeneidad o si existen variaciones considerables que incidan en los límites permisibles para su consumo. Adicionalmente se caracterizó la región estudiada para determinar mediante visita a campo y utilización de SIG, la dinámica hidrológica en el periodo estacional de primavera y sus variantes en las cuencas hidrológicas situadas aguas abajo.

SE18-4 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA ESTACIÓN DE RAYOS CÓSMICOS DE CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO

Rodríguez Osorio Daniel, Taylor Roberto, García Rocío y Anzorena Marcos
Instituto de Geofísica - UNAM
daniel@geofisica.unam.mx

Recientemente se llevó a cabo la actualización del sistema de adquisición de datos y servidor web de la Estación de Rayos Cósmicos de Ciudad Universitaria, el presente trabajo tiene el objetivo de mostrar el proceso que se llevó a cabo en la modernización del servidor web, desde la instalación del sistema operativo (Ubuntu 16.0.4 LTS), hasta las bibliotecas de graficación utilizadas (jgraph 4.2) pasando por el software apache, php y postgres, y por su puesto la conexión con el nuevo sistema de adquisición de datos que desarrollaron técnicos y estudiantes de la estación. Es necesario mencionar que la electrónica de la adquisición de datos ha cambiado, se ha reducido en tamaño, utilizando elementos digitales y un lenguaje de programación moderno (python) para generar los datos en formato digital, esta actualización del sistema permitirá mitigar algunas fallas que tenía la electrónica anterior. Con el trabajo realizado se pretende estar a la vanguardia en lo que se refiere a monitores de neutrones a nivel mundial.

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizador:
Ligia Pérez-Cruz

SE19-1

BIOSPHERE 2: THE GRAND EXPERIMENT

Ruiz Joaquín
University of Arizona
jrui2@email.arizona.edu

The mission of Biosphere 2 is to advance our understanding of the natural and man-made environment through unique experimentation, training of interdisciplinary scientists, science education and public outreach, and organization of meetings to address grand challenges that affect the quality of life and the understanding of our place in the universe. The University of Arizona Biosphere 2 consists of a unique large-scale experimental apparatus housing seven model ecosystems, a team of multidisciplinary scientists, a broad science education and public outreach program, and a modern conference center. The seven model ecosystems are: 1) a mature rain forest with over 90 tropical tree species, 2) a 2600 m³ ocean, 3) forested swamps dominated by mangrove trees, 4) a tropical savanna grassland, 5) a 1400 m² coastal fog desert, 6) three desert hillslope grass-shrubland landscapes, and 7) Biosphere 2, its campus, and associated buildings and facilities serve as a 162,000 m² model city and urban ecosystem. The Biosphere 2 Science Program addresses societal grand challenges related to water, environmental and energy management through design of large-scale experimentation in each of these model ecosystems. These experiments support the development of computer models that simulate the biological, physical and chemical processes to predict ecosystem response to environmental change. In return, these coupled-systems model simulations inform scientists about the next level of experimentation needed to advance understanding of these complex systems' responses that can be tested against observations in natural systems.

SE19-2

LATE STAGE CONTINENTAL RIFTING IN ETHIOPIA – MAGNETOTELLURICS IN MULTI-DISCIPLINARY STUDIES

Whaler Kathryn
University of Edinburgh
kathy.whaler@ed.ac.uk

Magnetotellurics (MT) is a good technique for imaging magma in the crust and upper mantle as magma and partial melt tends to be electrically conductive relative to host rock. Volcanism in extensional settings is much less studied than in subduction settings, but a series of projects in Ethiopia have greatly enhanced the data base, where large populations and major infrastructure are exposed to the associated natural hazards. We have found good agreement as to indicators of melt in many instances, both within the Quaternary magmatic segments in the rift valley and Afar, and associated with rift flank magmatism. But other results are enigmatic – beneath Aluto volcano, MT images low resistivity where seismology and other techniques indicate the presence of magma, and the eruptive products have high water content that would make them conductive. On the other hand, beneath the rift flanks to the north, MT shows a good conductor commensurate with large magma volumes, but less surface expression of volcanic eruption. Knowing the electrical properties of the melt, dependent on its chemistry, and how it is distributed, e.g. well connected or in isolated pockets, allows magma volumes to be estimated. These can be compared with information from other data types, such as seismic anisotropy. I will illustrate how combining information from MT, geology, petrology, seismology, geodesy, gravity and remote sensing can improve our understanding of the processes involved in continental break-up.

SE19-3

CLIMATIC AND HUMANITARIAN IMPACTS OF NUCLEAR WAR

Robock Alan
Department of Environmental Sciences, Rutgers University
roboc@envsci.rutgers.edu

A nuclear war between any two nations, such as India and Pakistan, with each country using 50 Hiroshima-sized atom bombs as airbursts on urban areas, would inject so much smoke from the resulting fires into the stratosphere that the resulting climate change would be unprecedented in recorded human history. Our climate model simulations find that the smoke would absorb sunlight, making it dark, cold, and dry at Earth's surface and produce global-scale ozone depletion, with enhanced ultraviolet (UV) radiation reaching the surface. The changes in temperature, precipitation, and sunlight from the climate model simulations, applied to crop models show that these perturbations would reduce global agricultural production of the major food crops by 10-40% for a decade. The impact of the nuclear war simulated here, using much less than 1% of the global nuclear arsenal, could sentence a billion people now living marginal existences to starvation. The greatest nuclear threat still comes from the United States and Russia. Even the reduced arsenals that remain in 2018 due to the New START Treaty threaten the world with nuclear winter. The world as we know it could end any day as a result of an accidental nuclear war between the United States and Russia. With temperatures plunging below freezing, crops would die and massive starvation could kill most of humanity. I will describe a new project being conducted jointly with scientists from the

University of Colorado and NCAR, which is examining in detail, with city firestorm, global climate, agricultural, and economic models, various possible scenarios of nuclear war and their impacts on agriculture and the world food supply. Mexico has been a leader in the political response to nuclear weapons. Mexican diplomat Alfonso García Robles received the Nobel Peace Prize in 1982 for his efforts in promoting the Treaty for the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America and the Caribbean, known as the Treaty of Tlatelolco. More recently, three international conferences on the humanitarian consequences of nuclear war were held in Oslo, Norway, in March 2013; in Nayarit, Mexico, in February 2014; and in Vienna, Austria in December 2014. Informed by these conferences, and as a result of international negotiations pushed by civil society led by the International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ICAN), and referencing our work, the United Nations passed a Treaty to Ban Nuclear Weapons on July 7, 2017. On December 10, 2017, ICAN accepted the Nobel Peace Prize "for its work to draw attention to the catastrophic humanitarian consequences of any use of nuclear weapons and for its ground-breaking efforts to achieve a treaty-based prohibition of such weapons." Will humanity now pressure the United States and the other eight nuclear nations to sign this treaty?

SE19-4

CURRENT AND EMERGING GLOBAL ECONOMIC, SOCIETAL AND SCIENCE TRENDS - FUTURE OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR SCIENCE AND SCIENTIFIC SOCIETIES

McEntee Christine
American Geophysical Union, AGU
agu_execdirector@agu.org

Due to what is being called "The Fourth Industrial Revolution", the world is undergoing vast and fundamental changes in how new knowledge is discovered and created and in how society is operated and governed. The fusion of technologies in the digital age is erasing the distinctions between the physical, digital and biological spheres, creating the potential for breakthroughs to address global issues such as climate change while also fueling significant challenges. This session will overview current and emerging global trends and the role that science and scientific societies can play in enabling a strong and robust scientific enterprise for a sustainable future.

SE19-5

A GEOPHYSICAL LOOK AT CHANGING ICE AND CHANGING COASTLINES

Bell Robin
Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University
robinb@ldeo.columbia.edu

Maps two decades ago usually left Antarctica off the map and distorted Greenland until it was the size as South America. The idea that these massive polar ice caps could change quickly seemed absurd. Now three independent satellite measurements clearly show the ice is moving faster, stretching and getting lower and losing mass. Tide gauges around the world document rising sea levels from warming oceans and not an acceleration from the loss of polar ice. Our ability to project future sea level remains hampered by our understanding of the processes that drive the changing ice and the response of the changing coastlines. Emerging discoveries in geophysics from the role of hydrology in ice sheet dynamics to the role of self-gravitation of the ice sheet are improving our future projections. The challenge of understanding and adapting the changing ice is both a global and local problem that must be addressed considering both local and global geophysical processes.

SE19-6

ESPACIO, EMISIONES DE MASA CORONAL Y METEOROLOGÍA ESPACIAL

Nieves-Chinchilla Teresa
Goddard Space Flight Center, NASA
teresa.nieves-chinchil-1@nasa.gov

Cada vez más, las aplicaciones comerciales, científicas o militares, dependen de infraestructuras y tecnologías espaciales tales como el sistema global de posicionamiento (GPS por sus siglas en inglés), la red de comunicación, telecomunicación, o simplemente la red de energía eléctrica. En general, el avance social y humano actual está dirigido hacia el espacio exterior, más allá de la barrera de protección que nuestra magnetosfera nos ofrece. Fuera de este escudo, cualquiera de estas infraestructuras o tecnologías espaciales se exponen a una radiación solar continua y los efectos, entre otros, pueden ser la degradación, interrupción, o daño permanente. En un movimiento sincronizado de las sociedades cada vez más espaciales, el desarrollo tecnológico aeroespacial y la exploración espacial, se está dando lugar a un avance significativo del conocimiento. En el ámbito científico lo que hoy conocemos como ciencia espacial abarca al conjunto de investigaciones científicas que se realizan en o sobre el espacio. En principio podríamos decir que no constituye una nueva ciencia en sí misma pero representa una importante extensión de los límites de las disciplinas científicas existentes tales como por ejemplo la física, ciencias de la vida, química, biología o sociología. El Sol

es el elemento fundamental que determina las reglas fundamentales en las que se desarrollan las ciencias espaciales. Específicamente, la meteorología espacial se refiere al aprendizaje de la variabilidad del sol y su impacto en todo el medio ambiente espacial incluyendo el medio interplanetario, los planetas o tecnología espacial. Uno de los eventos solares más adversos son las emisiones de masa coronal. Este es el más espectacular y enorme fenómeno solar. Tras la explosión solar una enorme cantidad de masa magnetizada (~10¹² kg) se mueve a velocidades mayores a 500 km/s alcanzando la Tierra en 2-5 días. Además de la cantidad de masa, energía y momento que estas estructuras transportan, su estructura interna es capaz de acoplarse con la magnetosfera terrestre y desencadenar procesos de reconexión magnética que debilita la magnetosfera y permiten la entrada de energía, radiación y partículas energéticas. Es por este motivo, que la predicción del impacto de estos eventos y la evaluación de las posibles consecuencias se ha convertido en una prioridad internacional.

SE19-7

IMPLICACIONES DE UN AUMENTO RECIENTE DEL NIVEL DEL MAR EN COSTAS MEXICANAS

Valle-Levinson Arnoldo
Civil and Coastal Engineering Department, University of Florida
arnoldo@ufl.edu

Datos de altimetría satelital de los últimos 25 años documentan un aumento acelerado del nivel del mar en las costas mexicanas a partir del año 2011. En porciones de las costas mexicanas, el aumento es de mas de 6 veces la tasa promedio global durante los últimos 25 años y mas del triple desde el 2011. Este aumento se amplifica en regiones donde la costa cambia de orientación en aproximadamente 90 grados, es decir, donde la línea de costa forma 'esquinas'. Se discuten las posibles causas de este aumento reciente del nivel del mar y las razones por las que se amplifica en las esquinas. Además, se sugiere un enlace entre este aumento de nivel del mar y fenómenos que están afectando las costas como arribazón de sargazos y afloramiento de algas nocivas.

ÍNDICE DE AUTORES

Abdullin Fanis	SE07-18	206	Alatorre Cejudo Luis Carlos	GEOH-9	56
Abella Gutiérrez José Luis*	SE12-9 CARTEL	236	Alatorre Ibargüengoitia Miguel Ángel	VUL-9	158
Abella Gutiérrez José Luis*	SE14-4	243	Alatorre Zamora Miguel Ángel*	EG-21	33
Aceves de Alba Jorge	SE07-2	202	Albarrán Cruz Jesús Emanuel	SIS-20	147
Acosta Guardiola Diana*	RN-38 CARTEL	137	Albor Mariela	SE06-32	195
Acosta Hernández Jorge Alberto*	EG-48 CARTEL	39	Alcalá-Martínez Jorge René	CS-23 CARTEL	14
Acosta Hernández Jorge Alberto	SIS-39 CARTEL	151	Alcántar Elizondo Norberto*	GEOD-3	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-4	2	Alcántar Elizondo Norberto	GEOD-4	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-5	3	Alcántar Elizondo Norberto	GEOD-5	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-10	4	Alcántar Peña Martha Jeannette	SIS-7	144
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-15	5	Alcántara Hernández Rocío Jetzabel	GGA-9 CARTEL	78
Acosta Ochoa Guillermo	AR-17 CARTEL	5	Alcántara Méndez Xavier Kevin	CCA-3	17
Acosta Ochoa Guillermo	AR-20 CARTEL	6	Alcántara Méndez Xavier Kevin*	FE-2	43
Acosta Ochoa Guillermo	AR-22 CARTEL	6	Alcántara Torres Mariana Yolotzin*	GEOQP-16 CARTEL	94
Acosta Ochoa Guillermo	AR-25 CARTEL	7	Alcaraz Sebastián	VUL-14	159
Acosta Ochoa Guillermo	AR-27 CARTEL	7	Alcocer Durand Javier	OCC-18	109
Acosta Rodríguez Bryan Fernando	GEOQP-4	91	Alcocer Vázquez Martha Diana*	CCA-40 CARTEL	24
Acosta Rodríguez Bryan Fernando*	GEOQP-30 CARTEL	98	Alean Rocha Carlos M.	CCA-31	22
Acosta Sánchez Luis Armando	GGA-25 CARTEL	82	Alexander-Valdés Héctor M.	SE10-16	219
Adams David	CCA-11	18	Alexander-Valdés Héctor M.*	SE10-69 CARTEL	230
Adams David	CCA-23	21	Alfaro Berea Diego Adolfo*	CCA-26	21
Adams David	CCA-29	22	Alfaro Berea Diego Adolfo	CCA-27	22
Adams David	SE03-3	174	Alfaro Cuevas Villanueva Pedro*	GEOQP-3	91
Adams David	SE03-17 CARTEL	177	Alfaro Cuevas Villanueva Ruth	SE06-4	188
Adriano Morán Carmen Cristina	AR-17 CARTEL	5	Allen Christine	SE09-7	213
Aguayo Camargo Joaquín Eduardo	GP-7	62	Almaguer Carmenates Yuri	CS-9 CARTEL	11
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-14 CARTEL	79	Almaguer Carmenates Yuri	EG-7	30
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-18 CARTEL	80	Almaguer Carmenates Yuri	EG-33 CARTEL	36
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-20 CARTEL	80	Almaguer Carmenates Yuri	EG-34 CARTEL	36
Agudelo García Angie Stefania	GGA-10 CARTEL	78	Almaguer Carmenates Yuri	GET-17 CARTEL	70
Aguilar Anaya Diego	GET-31 CARTEL	73	Almaguer Carmenates Yuri	GET-18 CARTEL	70
Aguilar Anaya Diego	SE10-49 CARTEL	225	Almaguer Carmenates Yuri	GET-20 CARTEL	70
Aguilar Calderón Luis Alberto	SIS-44 CARTEL	152	Almaguer Carmenates Yuri	GGA-24 CARTEL	82
Aguilar Cruz Félix*	MSG-16 CARTEL	103	Almaguer Carmenates Yuri	GEOQP-29 CARTEL	98
Aguilar Daniel	CS-15 CARTEL	12	Almaguer Gómez Citlalli	CCA-54 CARTEL	27
Aguilar Diego Armando*	SIS-51 CARTEL	153	Almaguer Gómez Citlalli	CCA-55 CARTEL	27
Aguilar Duarte Yameli Guadalupe*	CCA-49 CARTEL	26	Almaguer Martínez Francisco Javier	MSG-5	101
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-9 CARTEL	62	Almanza Tovar Oscar Guadalupe*	GEOH-1	54
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-18 CARTEL	64	Almaraz García Ana Gabriela	GET-17 CARTEL	70
Aguilar Ortega Francisco	CCA-31	22	Almeida Vega Margarita	RN-37 CARTEL	136
Aguilar Ramírez César	SE07-12	205	Alonso Ramírez Juan	GET-34 CARTEL	74
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-3	43	Alonso Ruiz José Francisco	MSG-15 CARTEL	103
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-4	43	Alonso Ruiz José Francisco	VUL-26 CARTEL	162
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-13	45	Alonso Ruiz José Francisco	SE04-19 CARTEL	183
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-20	46	Altamira Areyán Armando	SED-9 CARTEL	141
Aguilar Rodríguez Ernesto*	FE-25 CARTEL	47	Alva Valdivia Luis Manuel	EG-11	31
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-30 CARTEL	48	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-17 CARTEL	87
Aguilar Tepole Nemesis	SE10-26	221	Alvarado Gillermo E.	SIS-46 CARTEL	152
Aguilar Trujillo Ana	SE10-1	216	Alvarado Reyes José Manuel*	SIS-26 CARTEL	148
Aguilar Trujillo Ana	SE10-3	216	Álvarez Báez Christian Adrián*	CCA-8	18
Aguilar Trujillo Ana	SE10-8	217	Álvarez-Borrego Saúl	OCE-3	117
Aguilar Velázquez Manuel de Jesús	SIS-14	146	Álvarez Cardona José de Jesús*	GEOQP-18 CARTEL	95
Aguilar Velázquez Manuel de Jesús*	SE17-9 CARTEL	253	Álvarez González Rosa Margarita*	CCA-52 CARTEL	27
Aguilera Anahí	CS-8	10	Álvarez Harry	CCA-32	23
Aguilera Anahí*	CS-13 CARTEL	11	Álvarez Harry	CCA-53 CARTEL	27
Aguillón Robles Alfredo	AR-2	2	Álvarez Román*	GET-1	66
Aguillón Robles Alfredo	GET-25 CARTEL	72	Álvarez Román	SE06-27	194
Aguillón Robles Alfredo	GEOQP-11	93	Álvarez San Roman Fernando	EG-48 CARTEL	39
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús	GET-25 CARTEL	72	Álvarez-Silva Oscar	OCC-25	111
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús*	VUL-4	156	Álvaro López Gerardo	EG-26	34
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús	VUL-24 CARTEL	161	Amador Bech Julio	AR-25 CARTEL	7
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús	VUL-25 CARTEL	162	Amador Muñoz Omar	CCA-19	20
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús*	SE04-8	181	Amador Valencia Talib Gibran	CCA-51 CARTEL	26
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús*	SE06-43 CARTEL	198	Amaraz Ruiz Laura*	SE12-7	236
Aguirre Díaz Juan Pablo	SE17-2	252	Amon Rainer*	SE10-33	222
Aguirre Díaz Juan Pablo	SE17-3	252	Amon Rainer	SE10-59 CARTEL	228
Aguirre Díaz Juan Pablo*	SE17-4	252	Ana Zanol Gabriela	GGA-11 CARTEL	78
Aguirre Díaz Juan Pablo	SE17-11 CARTEL	254	Anaya Carlos*	SE03-12	176
Aguirre Díaz Pablo	SE17-8	253	Anderson Kirk*	SE14-6	244
Aguirre González Jorge	EG-14	32	Anderson Lysanna	SE14-1	243
Aguirre González Jorge	EG-16	32	Anderson Thomas H.	GET-16	69
Aguirre González Jorge	EG-17	32	Andino Manuel	CCA-32	23
Aguirre González Jorge	EG-35 CARTEL	36	Andrade Canto Fernando*	SE10-23	220
Aguirre González Jorge	EG-40 CARTEL	37	Andrade Canto Fernando*	SE10-60 CARTEL	228
Aguirre González Jorge	EG-42 CARTEL	38	Andrade Canto Fernando	SE10-80 CARTEL	231
Aguirre González Jorge	SIS-13	145	Andrade Mascote Ernesto	FE-13	45
Aguirre González Jorge	SIS-43 CARTEL	152	Andrade Mascote Ernesto	FE-20	46
Aguirre González Jorge	SIS-44 CARTEL	152	Andrade Mascote Ernesto	FE-21 CARTEL	46
Aguirre González Jorge	SIS-45 CARTEL	152	Andrade Mascote Ernesto*	FE-30 CARTEL	48
Aguirre González Jorge	SIS-48 CARTEL	153	Andrade Mascote Ernesto	FE-31 CARTEL	48
Aguirre Jorge	RN-7	129	Andrade Mascote Ernesto	FE-32 CARTEL	48
Aguirre Pablo	SE17-12 CARTEL	254	Añel Cabanelas Juan Antonio	CCA-34	23
Alaniz-Álvarez Susana Alicia	GET-10	68	Añel Cabanelas Juan Antonio	CCA-54 CARTEL	27
Alaniz-Álvarez Susana Alicia	GET-28 CARTEL	72	Añel Cabanelas Juan Antonio	CCA-55 CARTEL	27
Alaniz-Álvarez Susana Alicia*	SE04-5	180	Ángeles-Moreno Edgar	GET-10	68

Anguiano-García Andrea*	SE10-47	225	Arzate Flores Jorge Arturo	SE06-3	188
Angulo Carrillo Joel	SE06-21	192	Arzate Flores Jorge Arturo	SE06-38 CARTEL	197
Angulo Carrillo Joel	SE06-37 CARTEL	196	Arzate-Lem Sergio	RN-32 CARTEL	135
Angulo Carrillo Joel	SE06-39 CARTEL	197	Arzate Monterrubio Andres*	SE06-38 CARTEL	197
Angulo Cordova Quintiliano	CCA-43 CARTEL	25	Asprón-Ramírez Aurora Marina	SE04-3	179
Anis Ayal	SE10-59 CARTEL	228	Aston Ben	SE14-7	244
Antemate Velasco Geimond Jarumi*	CCA-44 CARTEL	25	Augustsson Carita	SE07-2	202
Antonio Pérez Manuel Salud	CCA-39 CARTEL	24	Aulis Rosa Elideth	SE04-2	179
Antonio Pérez Manuel Salud*	CCA-43 CARTEL	25	Avellán Denis Ramón	GEOQP-7	92
Anzorena Marcos	SE18-4 CARTEL	257	Avellán Denis Ramón	VUL-11	158
Aoyama Hiroshi	SIS-24	148	Avellán Denis Ramón	VUL-19 CARTEL	160
Apaestegui James	SE14-2	243	Avellán Denis Ramón*	VUL-22 CARTEL	161
Aparco Lara Jonathan*	OCC-8	107	Avellán Denis Ramón	VUL-28 CARTEL	162
Appendini Christian	OCC-5	106	Avellán Denis Ramón	VUL-29 CARTEL	162
Appendini Christian	OCC-26	111	Avellán Denis Ramón*	SE06-17	191
Appendini Christian	SE10-19	220	Ávila Carrera Rafael	EG-14	32
Apreza Sies Armando	VUL-26 CARTEL	162	Ávila Carrera Rafael	EG-40 CARTEL	37
Aquino Lourdes	SE03-7	175	Ávila García Jesus	EG-56 CARTEL	40
Aquino Lourdes*	SE03-18 CARTEL	177	Ávila Leticia	SIS-52 CARTEL	154
Aragón González Jesús*	OCC-13	108	Ávila López Ma. Carmen	SE10-2	216
Araiza-González Aldahir Eduardo*	GEOQP-4	91	Ávila Olivera Jorge Alejandro	SE06-50 CARTEL	200
Araiza-González Aldahir Eduardo	GEOQP-30 CARTEL	98	Ávila Oscar*	SE01-3	166
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-14	159	Ávila Vasquez Gloria Itzel	SE04-1	179
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-33 CARTEL	164	Avilés Esquivel Thalía Anaid*	SE06-12	190
Arana Medina Anibal Israel	GEOD-5	50	Avilés Esquivel Thalía Anaid	SE06-51 CARTEL	200
Aranda Carrillo Grecia Grisbert*	GEOH-4	54	Avilez Cruz Francisco Javier*	GP-12 CARTEL	63
Aranda Carrillo Grecia Grisbert*	RN-3	128	Ayala Armando	GEOPAL-24 CARTEL	89
Aranda Eliot	SE10-28	221	Ayala Cortez Solymar*	MSG-12 CARTEL	103
Aranda Gómez José Jorge	GET-11	68	Ayala Cortez Solymar	SIS-37 CARTEL	150
Aranda Gómez José Jorge	GET-13	69	Ayala Hernández Mauricio	RN-7	129
Aranda Gómez José Jorge	PALEO-6	124	Ayala Hernández Mauricio	SIS-48 CARTEL	153
Aranda Gómez José Jorge	VUL-2	156	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE10-4	216
Aranda Gómez José Jorge*	SE07-8	203	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE10-23	220
Aranda Gómez José Jorge*	SE07-15	205	Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE10-32	222
Aranda Gómez José Jorge	SE07-16	206	Badillo Maribel	OCC-17	109
Arango Galván Claudia	EG-23	34	Baena Rivera Marcela Elvira	RN-7	129
Arango Galván Claudia	EG-25	34	Baena Rivera Marcela Elvira	SIS-44 CARTEL	152
Arango Galván Claudia	SE06-12	190	Bandy William*	GET-2	66
Arango Galván Claudia	SE06-13	190	Bandy William	GET-31 CARTEL	73
Arango Galván Claudia	SE06-30	195	Bandy William	SIS-51 CARTEL	153
Arango Galván Claudia	SE06-51 CARTEL	200	Bandy William	SE10-49 CARTEL	225
Aray Castellano Jelime*	EG-56 CARTEL	40	Barba-López Maria del Refugio	OCC-18	109
Arce José Luis	EG-20	33	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-6	3
Arce José Luis*	VUL-3	156	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-7	3
Arce José Luis	VUL-29 CARTEL	162	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-12	4
Arce Saldaña José Luis	EG-4	29	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-13	4
Arce Saldaña José Luis	GET-15	69	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-18 CARTEL	5
Arce Saldaña José Luis	GET-30 CARTEL	73	Barbosa Moreno Finlandia	OCC-16	109
Arce Saldaña José Luis	SE04-1	179	Barboza Gudiño José Rafael	GET-9	68
Archer Jorge	GEOPAL-4	84	Barboza Gudiño José Rafael	GET-23 CARTEL	71
Arellano Gil Javier*	GP-7	62	Barboza Gudiño José Rafael	GEOQP-25 CARTEL	97
Arellano González Jesús	SE16-1 CARTEL	250	Barboza Gudiño José Rafael	SED-2 CARTEL	139
Arellano-Guerrero Fernando Nicolás*	CCA-37	24	Barboza Gudiño José Rafael	SE07-2	202
Arena Leticia	OCC-17	109	Barboza Gudiño José Rafael*	SE07-4	202
Arenal Casas Stefany*	SE03-5	175	Barboza Gudiño José Rafael	SE07-9	204
Arenas Gabriela*	EG-41 CARTEL	37	Barboza Gudiño José Rafael	SE07-27 CARTEL	209
Arévalo-Ruiz Juan Fernando	RN-32 CARTEL	135	Barcelos Clara*	SE10-66 CARTEL	229
Argente Martínez Leandris	SE15-6	248	Barnier Bernard	SE10-37	223
Argote Espino Denisse L.	AR-24 CARTEL	6	Barragán Gasca Fanny Astrid	GP-7	62
Arias-Paz Alberto	SE01-4	166	Barragán Ricardo	PALEO-2	123
Arias-Paz Alberto*	SE01-5	167	Barranco Linda*	SE10-8	217
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-15 CARTEL	57	Barrera Alan	AR-28 CARTEL	7
Armienta Hernández María Aurora	GGA-12 CARTEL	78	Barrera Arrazola Andrea Pamela*	GGA-12 CARTEL	78
Armienta Hernández María Aurora*	GGA-14 CARTEL	79	Barrera Uriel*	GEOQP-27 CARTEL	97
Armienta Hernández María Aurora	GGA-18 CARTEL	80	Barrón Duarte Alejandro	RN-25 CARTEL	134
Armienta Hernández María Aurora	GGA-20 CARTEL	80	Barrón Duarte Alejandro*	SE18-2 CARTEL	257
Armienta Hernández María Aurora	GGA-22 CARTEL	81	Bastien Olvera Bernardo Adolfo*	CCA-21	20
Arredondo Medina Carlos Eduardo	SE10-38	223	Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE04-16	182
Arredondo Tulio	CS-4	9	Bastien Olvera Bernardo Adolfo*	SE16-1 CARTEL	250
Arregui Sergio	SE13-7	240	Batista Rodríguez José Alberto	CS-9 CARTEL	11
Arregui Sergio	SE13-8	240	Batista Rodríguez José Alberto*	EG-7	30
Arreola Manzano Jonatán	SIS-20	147	Batista Rodríguez José Alberto	EG-33 CARTEL	36
Arriaga Hernández Norma Maritza*	VUL-30 CARTEL	163	Batista Rodríguez José Alberto	EG-34 CARTEL	36
Arriaga Hernández Norma Maritza	VUL-31 CARTEL	163	Batista Rodríguez José Alberto	GP-4	61
Arriaga Ramírez Sarahí	SE16-1 CARTEL	250	Batista Rodríguez José Alberto	GP-10 CARTEL	63
Arroyo-Cabrales Joaquín	AR-22 CARTEL	6	Batista Rodríguez José Alberto	GET-17 CARTEL	70
Arroyo-Cabrales Joaquín	PALEO-7	124	Batista Rodríguez José Alberto	GET-18 CARTEL	70
Arroyo López Sarah María	GET-15	69	Batista Rodríguez José Alberto	GET-20 CARTEL	70
Arroyo López Sarah María	VUL-3	156	Batista Rodríguez José Alberto	GGA-24 CARTEL	82
Arrozarena Isabel	OCC-24	110	Batista Rodríguez José Alberto	GEOQP-29 CARTEL	98
Arteaga Dante*	SE06-7	189	Bautista Durán Ángel	SE03-1	174
Arteaga Turcotte Carlos	SE04-22 CARTEL	184	Bautista Francisco	CS-2	9
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-28	35	Bautista Francisco	CS-8	10
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-55 CARTEL	40	Bautista Francisco	CS-13 CARTEL	11
Arzate Flores Jorge Arturo	GEOD-6	51	Bautista Francisco	CS-15 CARTEL	12

Bautista Francisco	CS-24 CARTEL	14	Borjón Hernández Yolanda Dannalí*	GP-13 CARTEL	63
Bautista Francisco	CCA-49 CARTEL	26	Borjón Hernández Yolanda Dannalí	GET-18 CARTEL	70
Bautista Francisco	GEOPAL-21 CARTEL	88	Borjón Hernández Yolanda Dannalí*	GET-20 CARTEL	70
Bautista Hernández Ana María	FE-27 CARTEL	47	Borsdorff Tobias	CCA-18	20
Bautista Hernández Maximiliano	GEOD-10 CARTEL	52	Botzen Wouter	CCA-7	18
Bautista Hernández Maximiliano*	GP-4	61	Botzen Wouter	CCA-33	23
Bautista Hernández Maximiliano	GP-11 CARTEL	63	Bracamontes Ramírez Joel*	SE10-36	223
Bautista Hernández Maximiliano	GP-12 CARTEL	63	Bradon Jill	SE10-45	225
Bautista Lorena	SE04-10	181	Brasseea Ochoa Jesus Maria*	EG-51 CARTEL	39
Baylon Jorge	CCA-18	20	Bravo Carvajal Ixtlitzin Yaocihuatl*	VUL-33 CARTEL	164
Bayona German	GEOPAL-21 CARTEL	88	Bravo-Cuevas Víctor	PALEO-5	124
Bazán Guzmán Carmen	OCE-22 CARTEL	121	Bravo Jose	CCA-24	21
Bazán Guzmán Carmen	SE10-11	218	Bravo Manuel	SE04-10	181
Becerra Evi	SE03-7	175	Brenes Jorge	GEOPAL-24 CARTEL	89
Becerra Evi	SE03-18 CARTEL	177	Briones Carrillo Jorge Alberto*	GP-9 CARTEL	62
Becerra-Soriano Leticia*	GEOH-13	57	Briones Carrillo Jorge Alberto	GP-15 CARTEL	64
Becuar Daniels André*	PALEO-9 CARTEL	125	Brito Castillo Luis	CCA-40 CARTEL	24
Beekman Christopher	SE14-6	244	Brito Castillo Luis	CCA-44 CARTEL	25
Behrmann Jan	EG-5	29	Brogi Andrea	SE06-6	189
Bell Robin*	SE19-5	259	Brogi Andrea	SE06-23	193
Bello Delia	SIS-14	146	Brown Erik	SE12-1	235
Bello Delia	SE04-18 CARTEL	183	Bücker Matthias	EG-46 CARTEL	38
Bello Fuentes Fernando*	SE10-80 CARTEL	231	Bücker Matthias	GET-30 CARTEL	73
Belmonte García Valdemar	GEOH-6	55	Buitrón Sánchez Blanca Estela	PALEO-1	123
Belmonte Jiménez Salvador Isidro	GEOH-19 CARTEL	58	Buitrón Sánchez Blanca Estela	PALEO-2	123
Belmonte Jiménez Salvador Isidro	GEOH-20 CARTEL	58	Buitrón Sánchez Blanca Estela*	PALEO-8	124
Beltrán Barrón Nadia Denisse*	OCE-2	117	Buitrón Sánchez Blanca Estela	PALEO-14 CARTEL	126
Beltrán Martínez Beatriz Coral	SE01-2	166	Burgos Cuevas Andrea*	CCA-29	22
Beltrán Martínez Beatriz Coral*	SE01-11 CARTEL	168	Burlak Gennadiy*	FE-15	45
Beltrán Paz Ofelia Ivette	AR-8	3	Bustamante Macarena	GEOPAL-14 CARTEL	87
Beltrán Paz Ofelia Ivette	CS-21 CARTEL	13	Bustamante-Martínez Aura Minerva	CS-22 CARTEL	14
Benavente Sanvicente Martha	AR-11	4	Bustamante Orozco Marco Rogelio	EG-32	36
Benediktsdóttir Ásdís	SE06-12	190	Bustos Emilce	SE16-4 CARTEL	250
Benito Oterino María Belén	SIS-46 CARTEL	152	Byrne Roger	SE14-7	244
Benowitz Jeff	VUL-11	158	Caballero Andrea	PALEO-8	124
Beraldi-Campesi Hugo	SE09-5	212	Caballero Cervantes Griselda Guadalupe	SE04-22 CARTEL	184
Beramendi Orosco Laura	AR-9	3	Caballero García Lizeth	VUL-7	157
Beramendi Orosco Laura	AR-10	4	Caballero García Lizeth	VUL-8	157
Beramendi Orosco Laura	AR-15	5	Caballero García Lizeth	VUL-16 CARTEL	159
Beramendi Orosco Laura*	AR-27 CARTEL	7	Caballero García Lizeth	VUL-18 CARTEL	160
Beramendi Orosco Laura	AR-29 CARTEL	7	Caballero García Lizeth	SE04-1	179
Beramendi Orosco Laura	SE12-10 CARTEL	237	Caballero Jiménez Gema Victoria	VUL-27 CARTEL	162
Bermejo Santoyo Gerardo	SE06-22	193	Caballero Luis Felipe	EG-41 CARTEL	37
Bermejo Santoyo Gerardo	SE06-23	193	Caballero Margarita	SE04-1	179
Bermúdez Anahí*	OCE-11	119	Caballero Margarita	SE12-1	235
Bermúdez Anahí	OCE-12	119	Caballero Margarita	SE15-2	247
Bernal Itzayana	AR-7	3	Caballero Miranda Cecilia Irene	AR-28 CARTEL	7
Bernal Itzayana	AR-28 CARTEL	7	Cabanillas Zavala Juan Luis*	GEOD-7	51
Bernal Juan Pablo	GEOQP-1	91	Cabos Narvaez William David	SE05-1	186
Bernal Juan Pablo	SE06-3	188	Cabos Narvaez William David	SE05-3	186
Bernal Juan Pablo*	SE14-2	243	Cabral-Perdomo Miguel	PALEO-5	124
Bernal Juan Pablo	SE14-3	243	Cabrera Navarrete Emmanuel Angel*	EG-8	30
Bernal Juan Pablo	SE14-11 CARTEL	245	Caccavari Garza Ana	AR-23 CARTEL	6
Bernal-Morales Rogelio	SE02-5	171	Caccavari Garza Ana	GEOPAL-2	84
Bernal-Romero Marcos	SE02-6	171	Caccavari Garza Ana	GEOPAL-23 CARTEL	89
Beron-Vera Francisco J.*	SE10-20	220	Caccavari Garza Ana*	GEOPAL-24 CARTEL	89
Beron-Vera Francisco J.	SE10-60 CARTEL	228	Caccavari Garza Ana	SE17-10 CARTEL	254
Bertram Allan	CCA-32	23	Cadena Larriva Michelle	SE01-2	166
Betancur Turizo Stella	OCC-10	107	Caetano Ernesto	CCA-4	17
Bezaeva Natalia*	GEOPAL-6	85	Caetano Ernesto	CCA-17	19
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-18	20	Caetano Ernesto	CCA-30	22
Bezanilla Morlot Alejandro	SE03-3	174	Cahuich Castillo Isabel	CCA-49 CARTEL	26
Bezanilla Morlot Alejandro	SE03-15	176	Calderón-Bustamante Oscar	CCA-7	18
Bezanilla Morlot Alejandro*	SE03-16 CARTEL	176	Calderón-Bustamante Oscar*	CCA-33	23
Billarent-Cedillo Andrea*	SE01-6	167	Calderón-Bustamante Oscar	SE10-27	221
Blancas Vázquez Jorge*	AR-7	3	Calderón-Bustamante Oscar	SE10-34	222
Blanco Cano Xochitl*	FE-5	43	Calderón Cucunubá Laura Paola	VUL-4	156
Blanco Cano Xochitl	FE-28 CARTEL	47	Calderón Cucunubá Laura Paola*	VUL-25 CARTEL	162
Bluhm Gutiérrez Jorge	CCA-31	22	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	SE03-8	175
Blumenstock Thomas	CCA-18	20	Calderón Hernández Oscar Iván*	SE17-3	252
Bobadilla Doreny	SE10-68 CARTEL	230	Calderón Magallón José Paúl*	MSG-7	102
Böhnell Harald	GGA-6	77	Calderón Sergio	EG-5	29
Böhnell Harald	GEOPAL-3	84	Calmus Thierry	EG-22	33
Böhnell Harald	GEOPAL-7	85	Calo Marco	SIS-11	145
Böhnell Harald*	GEOPAL-11	86	Calo Marco	SE06-21	192
Böhnell Harald	SE14-8 CARTEL	244	Calo Marco	SE06-37 CARTEL	196
Boijseauneau López Mario Emmanuel*	VUL-5	157	Calo Marco	SE06-39 CARTEL	197
Bojorge-García Miriam Guadalupe*	CS-22 CARTEL	14	Calva-Chávez Miriam Alin*	SE10-73 CARTEL	230
Bojorge-García Miriam Guadalupe	GGA-13 CARTEL	79	Calva-Chávez Miriam Alin	SE10-74 CARTEL	231
Bojorge-García Miriam Guadalupe	GGA-17 CARTEL	80	Calva-Chávez Miriam Alin	SE10-76 CARTEL	231
Bojórquez-Tapia Luis	CCA-38	24	Calva-Hernández David	SE14-2	243
Bolaños Aguilar Carlos Emiliano*	GGA-17 CARTEL	80	Calvo Brenes Guillermo	GEOPAL-21 CARTEL	88
Bolós Xavier*	SE06-32	195	Calvo Rathert Manuel*	GEOPAL-2	84
Bonasía Rosanna*	OCC-24	110	Calvo Rathert Manuel	GEOPAL-4	84
Bonifaz Roberto	SE15-2	247	Calvo Rathert Manuel	GEOPAL-14 CARTEL	87

Camacho Castro Sandra*	CS-9 CARTEL	11	Carrillo González Fatima Maciel*	CCA-45 CARTEL	25
Camacho Castro Sandra	GEOQP-29 CARTEL	98	Carrillo Medina Haide	SE04-22 CARTEL	184
Camacho-Ibar Víctor F.*	OCC-11	108	Carrillo Oswaldo*	OCC-5	106
Camacho-Ibar Víctor F.*	SE10-2	216	Carrillo Vargas Armando*	AR-24 CARTEL	6
Camacho-Ibar Víctor F.	SE10-56 CARTEL	227	Carrillo Vargas Armando	CS-12 CARTEL	11
Camacho-Ibar Víctor F.	SE10-64 CARTEL	229	Carrillo Vargas Armando	EG-49 CARTEL	39
Camacho Rangel Rebeca	GET-15	69	Carrillo Vargas Armando	FE-8	44
Cámara Beauregard Gelder Éneo	EG-48 CARTEL	39	Carrillo Vargas Armando	FE-10	44
Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-8	92	Carrillo Vargas Armando*	GEOPAL-10	86
Camarena Vázquez Jesús Guillermo*	VUL-2	156	Carrillo de la Cruz Juan Luis*	SE06-1	188
Camarena Vázquez Jesús Guillermo	SE18-3 CARTEL	257	Carrillo de la Cruz Juan Luis	SE06-16	191
Camisay María Fernanda	GEOD-7	51	Casas Colchado Juan Carlos*	MSG-11 CARTEL	102
Campos Enríquez José Oscar	EG-21	33	Castañeda Leónides Fausto	SE04-20 CARTEL	183
Campos Enríquez José Oscar	EG-56 CARTEL	40	Castañeda-Miranda Ana G.	GGA-7	77
Campos Enríquez José Oscar	GEOH-20 CARTEL	58	Castañeda-Miranda Ana G.*	GGA-16 CARTEL	79
Campos Madrigal Emiliano	GEOQP-6	92	Castañeda Narvaez Erik*	GEOQP-17 CARTEL	95
Campos Medina Juan Pablo	GET-29 CARTEL	73	Castellanos Guillermo	SIS-29 CARTEL	149
Campoy-Rivera Josefina*	GEOH-18 CARTEL	58	Castellanos Guillermo	SIS-33 CARTEL	149
Camprubí Antoni	SE07-19	207	Castellanos Olvin	GET-34 CARTEL	74
Candela Julio	SE10-33	222	Castellanos Rodríguez Valentina	SE07-4	202
Cano Ayora Víctor	MSG-15 CARTEL	103	Castillo Castellanos Jorge Alberto*	SIS-23	147
Cano Compairé Jesús*	SE10-14	218	Castillo Enríquez Mónica Alejandra	EG-34 CARTEL	36
Cano Compairé Jesús	SE10-53 CARTEL	226	Castillo Enríquez Mónica Alejandra	GP-10 CARTEL	63
Cano Compairé Jesús	SE10-56 CARTEL	227	Castillo Enríquez Mónica Alejandra	GGA-24 CARTEL	82
Cañón Tapia Edgardo	GET-32 CARTEL	73	Castillo Guerrero Cruz Enrique	EG-51 CARTEL	39
Canseco Nava Arturo Salvador	AR-25 CARTEL	7	Castillo Hernández Mario Alberto	AR-25 CARTEL	7
Canto Hernández Jesús Alberto	CCA-48 CARTEL	26	Castillo Juárez José Daniel*	EG-39 CARTEL	37
Cantoral Uriza Enrique Arturo	CS-22 CARTEL	14	Castillo Navarro Fabiola	CS-21 CARTEL	13
Cantoral Uriza Enrique Arturo	GGA-13 CARTEL	79	Castillo Navarro María Faviola	CS-16 CARTEL	12
Cantoral Uriza Enrique Arturo	GGA-17 CARTEL	80	Castillo Parra Víctor Manuel*	CS-16 CARTEL	12
Cantoral Uriza Enrique Arturo	SE18-1 CARTEL	257	Castillo Parra Víctor Manuel*	CS-21 CARTEL	13
Canul-Dzul Wilberth*	EG-13	31	Castillo Pensado Juan Luis	MSG-15 CARTEL	103
Capella Santiago	OCC-17	109	Castillo Pensado Juan Luis	VUL-26 CARTEL	162
Caplan Ronald	FE-7	44	Castillo Pensado Juan Luis	SE04-19 CARTEL	183
Capra Lucia	RN-13	131	Castillo Pérez Nuria Itzel*	VUL-32 CARTEL	163
Capra Lucia	VUL-9	158	Castillo Reynoso Juan Carlos*	GET-27 CARTEL	72
Capra Lucia	VUL-16 CARTEL	159	Castillo Reynoso Juan Carlos	SE01-9 CARTEL	168
Capra Lucia	VUL-18 CARTEL	160	Castillo Reynoso Juan Carlos	SE07-20	207
Capra Lucia	VUL-32 CARTEL	163	Castillo Rodríguez Keila	SIS-28 CARTEL	148
Capra Lucia	VUL-33 CARTEL	164	Castillón Isai	PALEO-9 CARTEL	125
Capra Lucia*	SE11-3	233	Castro Artola Óscar Alberto	SIS-3	143
Caraballo Ramón*	FE-11	44	Castro Artola Óscar Alberto	SIS-41 CARTEL	151
Carbajal Daniel*	SE13-7	240	Castro Escamilla Raúl Ramón*	SIS-16	146
Carbajal-Henken Cintia	CCA-42 CARTEL	25	Castro Escobar Anahi*	PALEO-12 CARTEL	125
Carbajal Pérez José Noel	CCA-8	18	Castro-Gómez Valentina*	RN-31 CARTEL	135
Carbajal Pérez José Noel	CCA-9	18	Castro-Larragoitia Javier	SE07-2	202
Carbajal Pérez José Noel	CCA-10	18	Castro-López Ariel*	SE03-17 CARTEL	177
Carbajal Pérez José Noel	CCA-22	20	Castro Valdez Rubén*	CCA-5	17
Carbajal Pérez José Noel	CCA-28	22	Castro Valdez Rubén	OCC-2	106
Carbajal Pérez José Noel	CCA-42 CARTEL	25	Castro Valdez Rubén	OCE-10	119
Carbajal Pérez José Noel	OCE-9	118	Cavazos Jaime	GET-7	67
Carballo David M.	AR-3	2	Cavazos Jaime	SE06-3	188
Carciumaru Dana	SIS-1	143	Cavazos Pérez María Tereza	SE05-4	186
Cárdenas Arturo	SIS-14	146	Cavazos Tovar José Guadalupe*	SE07-23	208
Cárdenas Beatriz	SE03-15	176	Cayetano Salazar Mario*	SE15-5	248
Cárdenas Monroy Caridad*	SIS-36 CARTEL	150	Cazarez Barboza Marco Anyelo	CS-12 CARTEL	11
Cárdenas-Soto Martín	SE06-34 CARTEL	196	Cedillo Rodríguez Fidel*	EG-26	34
Cárdenas-Soto Martín*	SE17-1	252	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	CS-8	10
Cárdenas-Soto Martín	SE17-7	253	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	CS-13 CARTEL	11
Cárdenas-Soto Martín	SE17-8	253	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	CS-15 CARTEL	12
Cárdenas-Soto Martín	SE17-9 CARTEL	253	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	GEOPAL-4	84
Cárdenas-Soto Martín	SE17-11 CARTEL	254	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	GEOPAL-16 CARTEL	87
Cárdenas-Soto Martín	SE17-12 CARTEL	254	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	GEOPAL-18 CARTEL	88
Cárdenas Tristán Abraham*	GEOD-2	50	Cejudo Ruiz Fredy Rubén*	GEOPAL-21 CARTEL	88
Cardona Benavides Antonio	SE14-2	243	Celedón Muñiz Héctor*	AR-21 CARTEL	6
Cardona Melchor Silvestre	VUL-20 CARTEL	160	Ceniceros Bombela Nora Elia	GEOH-16 CARTEL	57
Carlón Allende Teodoro*	RN-24	133	Ceniceros Gómez Águeda Elena	CS-13 CARTEL	11
Carlos Jaime	SIS-15	146	Ceniceros Gómez Águeda Elena	GEOQP-31 CARTEL	98
Carlos Trasviña Daleth	SE13-7	240	Centeno García Elena	GET-30 CARTEL	73
Carlos Trasviña Rai	SE13-7	240	Centeno García Elena	SE07-19	207
Carmona Huerta César	GET-24 CARTEL	71	Centeno García Elena*	SE07-24	208
Caro Montero Iván Andrés	EG-26	34	Cepeda Morales Jushiro	OCC-9	107
Carrancho Angel	GEOPAL-2	84	Cepeda Morales Jushiro*	SE10-5	216
Carrancho Ángel	GEOPAL-14 CARTEL	87	Cerca Martínez Mariano	GET-4	66
Carranza y Castañeda Oscar*	PALEO-6	124	Cerca Martínez Mariano	GGA-4	76
Carranza y Castañeda Oscar	SE07-15	205	Cerca Ruiz María Fernanda	VUL-7	157
Carranza y Castañeda Oscar	SE07-16	206	Cerca Ruiz María Fernanda*	VUL-8	157
Carrasco-Jiménez Juan Carlos	SIS-34 CARTEL	150	Cerezo-Mota Ruth*	CCA-13	19
Carrasco Núñez Gerardo	VUL-6	157	Cerezo-Mota Ruth	CCA-47 CARTEL	25
Carrasco Núñez Gerardo*	SE06-3	188	Cervantes Carrillo Francisco Javier	GGA-18 CARTEL	80
Carrasco Núñez Gerardo	SE06-7	189	Cervantes Duarte Rafael	RN-38 CARTEL	137
Carrasco Núñez Gerardo	SE06-11	190	Cervantes Pina Ángel Jahudiel	RN-8	129
Carrera-Hernández Jaime	GEOH-14	57	Cervantes-Rosas Omar Dario	OCC-15	108
Carrillo Bibriesca Laura Elena	OCC-30 CARTEL	112	Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-5	85
Carrillo González Fátima Maciel	CCA-41 CARTEL	24	Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-15 CARTEL	87

Cervantes Solano Miguel Angel*	GEOPAL-16 CARTEL	87	Cobos Villagrán Aurora	SE04-1	179
Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-18 CARTEL	88	Coconi Morales Enrique	EG-39 CARTEL	37
Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-21 CARTEL	88	Coconi Morales Enrique	GP-5	61
Cervantes-de-la-Cruz Karina	SE09-5	212	Coelho Henrique	SE10-45	225
Cevallos Sergio	GET-16	69	Colás Vanessa*	SE07-19	207
Champagne Marie	SE14-7	244	Colín García María	SE09-1	212
Chang Tania Oyuki	FE-25 CARTEL	47	Colín García María	SE09-9 CARTEL	213
Chapa Guerrero José Rosbel	RN-1	128	Colín García María	SE09-10 CARTEL	213
Chaparro Marcos A. E.*	GGA-6	77	Combita Ariza Luis Alberto*	GET-26 CARTEL	72
Chaparro Marcos A. E.*	GGA-7	77	Conejeros Carlos	PALEO-8	124
Chaparro Marcos A. E.	GGA-16 CARTEL	79	Constable Steven	SE06-28	194
Chaparro Marcos A. E.	GGA-21 CARTEL	81	Contreras Juan	GET-3	66
Chaparro Mauro A. E.	GGA-6	77	Contreras Juan	GET-8	67
Chaparro Mauro A. E.	GGA-7	77	Contreras Moises	RN-7	129
Chaparro Mauro A. E.	GGA-16 CARTEL	79	Contreras Pacheco Yéssica Vanessa*	SE10-67 CARTEL	229
Chaparro Rueda Diana Berenice	AR-16	5	Contreras Pacheco Yéssica Vanessa*	SE10-68 CARTEL	230
Chaparro Rueda Diana Berenice	AR-17 CARTEL	5	Contreras Ruiz Esparza Moisés Gerardo	SIS-36 CARTEL	150
Chareev Dmitriy	GEOPAL-6	85	Coombs Henry	SE07-5	203
Chavero Anaya Luis Bernardo	SE04-17 CARTEL	182	Corbo Fernando	EG-1	29
Chavero Anaya Luis Bernardo*	SE14-11 CARTEL	245	Corbo Fernando	GET-1	66
Chávez Cabello Gabriel*	GET-11	68	Corbo Fernando	SE01-3	166
Chávez Cabello Gabriel	GET-12	68	Corbo Fernando	SE06-3	188
Chávez Cabello Gabriel	GET-13	69	Corbo Fernando	SE06-11	190
Chávez Cabello Gabriel	GET-21 CARTEL	71	Corbo Fernando	SE06-38 CARTEL	197
Chávez Cabello Gabriel	GET-22 CARTEL	71	Cordero Domínguez Miguel*	SE13-6	240
Chávez Cabello Gabriel	RN-1	128	Cordero-Tercero Guadalupe	SE09-5	212
Chávez Cabello Gabriel	SE07-8	203	Cordero-Tercero Guadalupe	SE09-7	213
Chávez Dagostino Miguel	FE-29 CARTEL	47	Cordero-Tercero Guadalupe*	SE09-8	213
Chávez Gómez Jorge H.	SE18-2 CARTEL	257	Cordero Vázquez Christian Yami*	GGA-8	77
Chávez Hernández Guillermo	EG-32	36	Córdoba Barba Diego	SIS-39 CARTEL	151
Chávez Hernández Omar Cristian	SE04-20 CARTEL	183	Córdoba María Fernanda*	CCA-32	23
Chávez Laura	AR-3	2	Córdoba-Montiel Francisco*	SIS-41 CARTEL	151
Chávez Pérez Víctor Manuel*	CCA-34	23	Córdoba Ramírez Fernando*	SE06-28	194
Chávez Pérez Víctor Manuel*	CCA-54 CARTEL	27	Córdova Medina Jorge Alberto*	GEOD-10 CARTEL	52
Chávez Pérez Víctor Manuel*	CCA-55 CARTEL	27	Córdova Ortega Jesús	EG-26	34
Chávez René	EG-58 CARTEL	41	Córdova Ríos Abigail*	SE06-44 CARTEL	198
Chávez-Segura René	RN-6	129	Córdova Tello Mario	AR-25 CARTEL	7
Chávez Trejo Martha Isabel	SE10-38	223	Coria-Monter Erik	OCE-8	118
Chávez Vergara Bruno Manuel	AR-8	3	Coria-Monter Erik*	OCE-16	120
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-6	10	Coria-Monter Erik	OCE-17 CARTEL	120
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-7	10	Corona-Martínez Liliana	SE14-2	243
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-11 CARTEL	11	Corona-Martínez Liliana*	SE14-3	243
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-16 CARTEL	12	Corona Raúl Daniel*	SIS-2	143
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-21 CARTEL	13	Corona Raúl Daniel	SIS-3	143
Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-23 CARTEL	14	Corona-Romero Pedro	FE-4	43
Chiappa-Carrara Xavier*	OCC-17	109	Corona-Romero Pedro	FE-9	44
Chong Robles Jennyfers	SE10-13	218	Corona-Romero Pedro	FE-25 CARTEL	47
Chong Robles Jennyfers	SE10-55 CARTEL	227	Corona-Romero Pedro*	FE-27 CARTEL	47
Chong Robles Jennyfers	SE10-65 CARTEL	229	Corona Villegas Jan Gilbert*	OCC-30 CARTEL	112
Chong Robles Jennyfers	SE10-66 CARTEL	229	Coronado-Álvarez Luz de Lourdes Aurora*	OCE-3	117
Choumiline Konstantin	SE12-4	235	Coronado Méndez César	OCC-32 CARTEL	112
Chuy Tomas	EG-41 CARTEL	37	Coronado Méndez César	SE10-24	220
Cid Héctor	SE06-3	188	Coronel Pastrana Héctor*	CCA-15	19
Cienfuegos Alvarado Edith	AR-26 CARTEL	7	Corrales Suastegui Arturo*	SE05-4	186
Cienfuegos Alvarado Edith	GEOH-16 CARTEL	57	Correa Gómez José Guadalupe	RN-18	132
Cienfuegos Alvarado Edith	SE12-10 CARTEL	237	Correa Gómez José Guadalupe	RN-35 CARTEL	136
Cifuentes Nava Gerardo	AR-23 CARTEL	6	Correa-López Yoaly Amilania	SIS-47 CARTEL	153
Cifuentes Nava Gerardo	AR-24 CARTEL	6	Cortés Alejandra	GEOH-16 CARTEL	57
Cifuentes Nava Gerardo	EG-19	33	Cortés Alejandra*	GEOH-17 CARTEL	58
Cifuentes Nava Gerardo	EG-24	34	Cortés Alejandra	SE04-15	182
Cifuentes Nava Gerardo	EG-46 CARTEL	38	Cortés José Luis	CS-15 CARTEL	12
Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-10	86	Cortés López Lizeth*	VUL-18 CARTEL	160
Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-22 CARTEL	89	Cortés Macías Lizette Zareh*	SE13-9 CARTEL	240
Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-23 CARTEL	89	Cortés Martínez Mara Yadira	GEOQP-8	92
Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-24 CARTEL	89	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-4 CARTEL	139
Cifuentes Nava Gerardo	RN-6	129	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-6 CARTEL	140
Cifuentes Nava Gerardo	SE06-32	195	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-8 CARTEL	140
Cifuentes Nava Gerardo	SE06-34 CARTEL	196	Cortés Martínez Mara Yadira	VUL-2	156
Cifuentes Nava Gerardo	SE17-3	252	Cortés Navarro Laura Esther	CCA-41 CARTEL	24
Cifuentes Nava Gerardo	SE17-6	253	Cortez Huerta Mauro*	SE02-11 CARTEL	172
Cifuentes Nava Gerardo	SE17-10 CARTEL	254	Cortez Jose Luis	GEOPAL-21 CARTEL	88
Cisneros Guillermo	VUL-11	158	Cortina Urrutia Lucila Margarita	SE04-11	181
Cisneros Guillermo	VUL-22 CARTEL	161	Cortina Urrutia Lucila Margarita*	SE04-15	182
Cisneros Guillermo*	VUL-28 CARTEL	162	Costa Antonio	VUL-4	156
Cisneros Guillermo	VUL-29 CARTEL	162	Couder-Castañeda Carlos	EG-13	31
Cisneros Guillermo	SE06-17	191	Coutiño Taboada Mariana Elizabeth	SE06-43 CARTEL	198
Cisneros Mata Miguel Angel	OCC-36 CARTEL	113	Covarrubias Briceida	SE10-13	218
Clayton Robert	SIS-23	147	Covarrubias Briceida	SE10-65 CARTEL	229
Clemente Chávez Alejandro*	SIS-5	144	Covarrubias Saavedra Martín	SE09-8	213
Clemente Chávez Alejandro	SIS-8	144	Coviello Velio	VUL-33 CARTEL	164
Clemente Chávez Alejandro*	SIS-9	145	Créon Laura	SE06-3	188
Clemente Chávez Alejandro*	SIS-10	145	Crespo Alejandro	OCC-24	110
Climent Álvaro	SIS-46 CARTEL	152	Cristiani Solís Carlos Gaspar*	GEOQP-9	93
Coba Baez Alfredo Yael	SE04-19 CARTEL	183	Cruz Antonio	SE04-12	181
Coba-Morales Luis Alberto	AR-10	4	Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-6	144

Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-22	147	Delgado Delgado Briseida Yaneth*	CS-20 CARTEL	13
Cruz Colin Maria Esther*	OCC-36 CARTEL	113	Delgado Espinoza José Daniel*	MSG-13 CARTEL	103
Cruz Francisco	SE14-2	243	Delgado Granados Hugo	VUL-10	158
Cruz Francisco	SE14-3	243	Delgado Rodríguez Omar	GGA-8	77
Cruz Giuliana	CCA-53 CARTEL	27	Dena Ornelas Oscar Sotero	RN-33 CARTEL	135
Cruz Giuliana	SE10-1	216	Dena Ornelas Oscar Sotero*	RN-36 CARTEL	136
Cruz Giuliana	SE10-3	216	Dena Ornelas Oscar Sotero	SIS-37 CARTEL	150
Cruz González Daniel	EG-4	29	Días Ortega Ulises*	GEOPAL-18 CARTEL	88
Cruz Hernández Favio*	MSG-6	101	Díaz Asencio Misael*	SED-7 CARTEL	140
Cruz Hernández Stephani*	SE06-37 CARTEL	196	Díaz-Caravantes Rolando	RN-12	130
Cruz José Luis	SE04-18 CARTEL	183	Díaz Espinoza Kenya	AR-15	5
Cruz Leonardo	GET-14	69	Díaz Flores Miguel Ángel*	OCE-21 CARTEL	121
Cruz Palma Jorge Ezra	AR-4	2	Díaz-García Ovel	CCA-37	24
Cruz Palma Jorge Ezra*	AR-16	5	Díaz-García Ovel*	SE10-41	224
Cruz Palma Jorge Ezra	AR-17 CARTEL	5	Díaz Herrera Emmanuel	PALEO-12 CARTEL	125
Cruz Palma Jorge Ezra	AR-20 CARTEL	6	Díaz Jaime*	CS-7	10
Cruz Rodríguez Roberto Carlos*	SE02-2	170	Díaz Jaime	CS-23 CARTEL	14
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-14 CARTEL	79	Díaz López María del Carmen*	SE03-13	176
Cruz Ronquillo Olivia*	GGA-18 CARTEL	80	Díaz Martínez Roberto	EG-7	30
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-22 CARTEL	81	Díaz Martínez Roberto	GET-17 CARTEL	70
Cruz-Santiago Pedro	SE10-72 CARTEL	230	Díaz Martínez Roberto	GEOQP-29 CARTEL	98
Cruz Shamara*	EG-58 CARTEL	41	Díaz Martínez Roberto	GEOQP-34 CARTEL	99
Cruz Shamara	SE02-6	171	Díaz Mojica John Jairo*	SIS-6	144
Cruz Vázquez Omar*	VUL-9	158	Díaz Nigenda Emmanuel	CCA-25	21
Cruz y Cruz Tamara*	AR-11	4	Díaz-Novelo Brígida Faride*	VUL-19 CARTEL	160
Cruz y Cruz Tamara	AR-22 CARTEL	6	Díaz Ortiz Miguel Ángel*	GEOQP-26 CARTEL	97
Cuen Romero Francisco	PALEO-1	123	Díaz Viera Martín Alberto	GEOH-12	56
Cuen Romero Francisco	PALEO-9 CARTEL	125	Díaz Viera Martín Alberto	SED-9 CARTEL	141
Cuen Ulloa Andres Orlando*	OCC-27	111	Dibene Arriola Luis Martín	CCA-45 CARTEL	25
Cuevas Ceseña Angel Raúl	RN-2	128	Diego Ortiz Gonzalo	GP-6	62
Cusi Simó	SE10-28	221	Diego Ortiz Gonzalo	GP-14 CARTEL	63
Cusi Simó	SE10-29	221	Dionicio Sánchez Juan Antonio*	EG-16	32
Cyphers Ann	GEOPAL-3	84	Dionicio Sánchez Juan Antonio	EG-35 CARTEL	36
Damien Pierre*	SE10-7	217	Doerfler Walter	GEOPAL-8	85
Damien Pierre	SE10-21	220	Domínguez Guadarrama Alejandro	SE10-24	220
Daneels Annick*	AR-3	2	Domínguez Guadarrama Alejandro*	SE10-62 CARTEL	228
Daneels Annick*	AR-26 CARTEL	7	Domínguez Guadarrama Alejandro	SE10-79 CARTEL	231
Darras Veronique	AR-8	3	Domínguez Mota Francisco Javier	OCC-37 CARTEL	113
Dávalos Pérez Vélez Ana María*	SE06-4	188	Domínguez Mota Francisco Javier	RN-13	131
Davies Sarah	SE14-7	244	Domínguez Rivas Jaime	SE04-18 CARTEL	183
Dávila Harris Pablo	GEOQP-11	93	Domínguez Sandova Miguel Fernando	OCC-28	111
Dávila Harris Pablo	RN-22	133	Domínguez Toledo Alejandría Jocelyn*	GGA-15 CARTEL	79
Dávila Harris Pablo	VUL-4	156	Domínguez-Vázquez Gabriela	SE14-9 CARTEL	244
Dávila Harris Pablo	VUL-6	157	Domínguez-Vázquez Gabriela	SE14-10 CARTEL	245
Dávila Harris Pablo	SE06-3	188	Domínguez Zannie Paloma	AR-4	2
Dávila Pulido Gloria Ivone	EG-34 CARTEL	36	Downs Cooper	FE-7	44
Dávila Pulido Gloria Ivone	GET-17 CARTEL	70	Durán-Campos Elizabeth	OCE-8	118
Dávila Pulido Gloria Ivone	GGA-24 CARTEL	82	Durán-Campos Elizabeth	OCE-16	120
Dávila Pulido Gloria Ivone	GEOQP-29 CARTEL	98	Durán-Campos Elizabeth*	OCE-17 CARTEL	120
De Basabe Delgado Jonás	EG-30	35	Durán González Juan Daniel	EG-31	35
De Jesús Amador José Manuel	SE06-21	192	Durand-Manterola Hector*	SE09-5	212
De Jesús Amador José Manuel	SE06-39 CARTEL	197	Durazo Reginaldo	OCE-10	119
De Lara Bashulto Josue	GEOH-1	54	Durazo Reginaldo	SE10-11	218
De Meneses Francisco*	FE-12	45	Durazo Reginaldo	SE10-42	224
De Raga Graciela Binimelis	CCA-51 CARTEL	26	Duteil Olaf	SE10-7	217
De la Cruz Jasso Katia Andrea*	VUL-24 CARTEL	161	Dzul García Oscar A.	CCA-31	22
De la Cruz Jasso Katia Andrea	SE06-43 CARTEL	198	D'Acosta Fernando	SE04-9	181
De la Cruz-Reyna Servando*	VUL-12	158	D'Aquino Bautista Juan José*	FE-29 CARTEL	47
De la Cruz-Reyna Servando	VUL-21 CARTEL	161	Echeagaray Collantes Gabriel	EG-51 CARTEL	39
De la Fuente Rivera Juan Ramón	SE04-1	179	Echeverri García Laura del Pilar	SE10-14	218
De la Garza Aguilar Rodrigo	GEOH-2	54	Elías Herrera Mariano	GET-26 CARTEL	72
De la Luz Víctor	FE-9	44	Elías Herrera Mariano	GEOQP-16 CARTEL	94
De la Luz Víctor	FE-12	45	Elizalde Guerrero José Daniel	EG-57 CARTEL	40
De la Luz Víctor	FE-13	45	Ellis Ben S.	VUL-6	157
De la Luz Víctor	FE-16	45	Enciso Cárdenas Juan Josue	GP-13 CARTEL	63
De la Luz Víctor*	FE-17	45	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-12	108
De la Luz Víctor	FE-18	46	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-13	108
De la Luz Víctor	FE-23 CARTEL	46	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-14	108
De la Luz Víctor	FE-25 CARTEL	47	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-17	109
De la Luz Víctor	FE-29 CARTEL	47	Enríquez Ortiz Cecilia*	OCC-25	111
De la Puente Josep	SIS-34 CARTEL	150	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-43 CARTEL	114
De la Rosa Arévalo César Gustavo*	EG-2	29	Enríquez Ortiz Cecilia	SE10-19	220
De la Rosa Canales José Guadalupe	SE09-6	213	Enríquez Ortiz Cecilia	SE10-51 CARTEL	226
De la Torre Ramos Laura	CCA-34	23	Errasti-Orozco Marcela	SE06-33 CARTEL	195
De la Torre Ramos Laura	CCA-54 CARTEL	27	Errasti-Orozco Marcela*	SE06-42 CARTEL	198
De la Torre Ramos Laura	CCA-55 CARTEL	27	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	CCA-31	22
Del Pilar-Martínez Alexis	GET-10	68	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	GET-10	68
Del Puerto Sánchez Julio Antonio	SE16-3 CARTEL	250	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	SE06-35 CARTEL	196
Del Río Varela Paola	GET-10	68	Escobedo Tamez Andrea Nathaly	RN-25 CARTEL	134
Delgadillo Hinojosa Francisco	SE10-50 CARTEL	226	Escobedo Tamez Andrea Nathaly	SE18-2 CARTEL	257
Delgado Balbuena Josue*	CS-4	9	Escobedo Zenil David	EG-29	35
Delgado Carranza María del Carmen	CS-13 CARTEL	11	Escobedo Zenil David	SE17-1	252
Delgado Carranza María del Carmen*	CS-15 CARTEL	12	Escobedo Zenil David	SE17-5	253
Delgado Carranza María del Carmen	CS-24 CARTEL	14	Escobedo Zenil David*	SE17-7	253
Delgado Contreras Juan Antonio*	SE10-35	223	Escobedo Zenil David	SE17-8	253

Escolero Fuentes Oscar	EG-4	29	Figueroa Soto Ángel	SE06-22	193
Escolero Fuentes Oscar	SE15-2	247	Figueroa Soto Ángel	SE06-37 CARTEL	196
Escudero Christian R.*	VUL-15	159	Figueroa Soto Ángel	SE06-39 CARTEL	197
Esparza Alfredo	EG-55 CARTEL	40	Figueroa Soto Ángel Greogorio	SIS-9	145
Esparza Alfredo*	GEOD-6	51	Figueroa Soto Ángel Greogorio	SIS-10	145
Esparza Francisco	EG-44 CARTEL	38	Filatov Denis*	SE02-10 CARTEL	172
Esparza Francisco	EG-60 CARTEL	41	Filonov Anatoliy*	OCC-18	109
Esparza Francisco*	EG-61 CARTEL	41	Filonov Anatoliy	OCC-31 CARTEL	112
Esparza López Juan Rodrigo*	AR-5	3	Filonov Anatoliy	OCC-33 CARTEL	112
Espíndola Juan Manuel	GEOPAL-9	86	Filonov Anatoliy	OCC-37 CARTEL	113
Espíndola Juan Manuel	SIS-29 CARTEL	149	Filonov Anatoliy	OCE-19 CARTEL	120
Espíndola Juan Manuel	SIS-33 CARTEL	149	Fine Isaak	SIS-53 CARTEL	154
Espíndola Juan Manuel*	SIS-47 CARTEL	153	Fitz-Díaz Elisa	GET-13	69
Espinosa Adan	FE-30 CARTEL	48	Fitz-Díaz Elisa	GET-30 CARTEL	73
Espinosa Adan	FE-31 CARTEL	48	Fitz-Díaz Elisa	SE07-9	204
Espinosa Adan*	FE-32 CARTEL	48	Fitz-Díaz Elisa	SE07-10	204
Espinosa Cardeña Juan Manuel	EG-11	31	Fitz-Díaz Elisa	SE07-11	204
Espinosa Cardeña Juan Manuel*	RN-37 CARTEL	136	Fitz-Díaz Elisa*	SE07-12	205
Espinosa López Marcela Guadalupe	EG-28	35	Fitz-Díaz Elisa	SE07-30 CARTEL	209
Espinosa Víctor H.	SIS-14	146	Flament Pierre	SE10-38	223
Espinoza-Hueso Néstor Jesús*	OCC-41 CARTEL	114	Flandes Alberto	SE09-5	212
Espinoza Iván	PALEO-9 CARTEL	125	Flores Ana Laura	CCA-5	17
Espinoza Iván	SE14-9 CARTEL	244	Flores Ana Laura	OCC-39 CARTEL	113
Espinoza Ojeda Orlando Miguel	SE06-1	188	Flores Ana Laura	OCC-44 CARTEL	114
Esquivel Herrera Katya*	GEOH-9	56	Flores Ana Laura	OCE-10	119
Esquivel Mendiola Leonarda Isabel*	SIS-11	145	Flores Brito Osiel	EG-6	30
Esteves Robles Sandra	SE17-2	252	Flores Brito Osiel	EG-37 CARTEL	37
Esteves Robles Sandra	SE17-4	252	Flores Brito Osiel*	GP-2	61
Esteves Robles Sandra	SE17-8	253	Flores-Cadenas Blenda Esmeralda	PALEO-4	123
Esteves Robles Sandra	SE17-11 CARTEL	254	Flores Camacho Luis Francisco	RN-2	128
Estrada Allis Sheila Natali*	SE10-4	216	Flores Cano José V.	GP-18 CARTEL	64
Estrada-Belli Francisco	SE14-1	243	Flores-Castro Kinardo	SE07-17	206
Estrada Gutiérrez Guadalupe	GEOH-3	54	Flores Delibes	SE03-1	174
Estrada Juliana	GET-34 CARTEL	74	Flores Delibes	SE03-19 CARTEL	177
Estrada Murillo Aurora María	SE06-24	193	Flores García Walter Antonio	SE17-6	253
Estrada Murillo Aurora María	SE06-26	194	Flores-Gómez Silvana*	GEOQP-1	91
Estrada Murillo Aurora María	SE06-52 CARTEL	200	Flores Hernández Ana Lucía	CS-9 CARTEL	11
Estrada Porrua Francisco	CCA-1	17	Flores Hernández Ana Lucía	GGA-24 CARTEL	82
Estrada Porrua Francisco*	CCA-7	18	Flores Hernández Ana Lucía*	GEOQP-29 CARTEL	98
Estrada Porrua Francisco	CCA-33	23	Flores López María	SE18-3 CARTEL	257
Expedition 364 Science Party	GEOPAL-1	84	Flores Luna Carlos Francisco	MSG-8	102
Fajardo-Yamamoto Arturo	SE10-17	219	Flores Luna Carlos Francisco	MSG-10 CARTEL	102
Fajardo-Yamamoto Arturo	SE10-18	219	Flores Luna Carlos Francisco	MSG-16 CARTEL	103
Färber Lorda Jaime	OCE-22 CARTEL	121	Flores Luna Carlos Francisco	SE06-28	194
Farfan Francisco	SIS-38 CARTEL	150	Flores Márquez Elsa Leticia	EG-58 CARTEL	41
Farías González Miguel Ángel*	EG-33 CARTEL	36	Flores Márquez Elsa Leticia	MSG-17 CARTEL	103
Farías González Miguel Ángel	EG-34 CARTEL	36	Flores Martínez Emmanuel	GEOH-20 CARTEL	58
Farías González Miguel Ángel*	GP-10 CARTEL	63	Flores Mejía Hilario	SED-9 CARTEL	141
Farías González Miguel Ángel	GGA-24 CARTEL	82	Flores Navarro Karen Leticia*	RN-4	128
Farré-de-Pablo Júlía	SE07-19	207	Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-15 CARTEL	57
Fayad Cristina*	CCA-42 CARTEL	25	Flores Ocampo Itzamna Zaknite*	GEOQP-31 CARTEL	98
Fedun Viktor	FE-6	43	Flores Peña Simjahel*	RN-30 CARTEL	135
Felix Luevano Alberto*	GEOQP-14	94	Flores Ruiz Claudia Mariana*	EG-53 CARTEL	39
Fernandes Rui	CCA-23	21	Flores-Salinas Andrea Araceli*	SIS-42 CARTEL	151
Fernández Alamo María Ana	SE10-56 CARTEL	227	Flores Trujillo Juan Gabriel	CCA-48 CARTEL	26
Fernández Aranza*	FE-19	46	Flores-Vidal Xavier*	SE10-38	223
Fernández Francisco	SE06-3	188	Flores Walter Antonio*	SE17-14 CARTEL	254
Fernández Silvia	GGA-9 CARTEL	78	Flores Xochitl*	SE06-33 CARTEL	195
Fernández de la Vega Márquez Luz Thamara	SE06-47 CARTEL	199	Flores Xochitl	SE06-42 CARTEL	198
Fernández de la Vega Márquez Luz Thamara	SE06-48 CARTEL	199	Fong-López Liza F.	CS-18 CARTEL	13
Fernandoy Francisco	EG-5	29	Fonseca-Hernández Mariam	CCA-50 CARTEL	26
Ferrari Luca	GET-27 CARTEL	72	Fornari Gabriel	FE-12	45
Ferrari Luca	GEOQP-32 CARTEL	98	Forte Pablo	SE16-4 CARTEL	250
Ferrari Luca*	SE01-1	166	Foster Velázquez Cristopher Enrique	GGA-13 CARTEL	79
Ferrari Luca*	SE01-2	166	Fragoso Patricia	CS-2	9
Ferrari Luca	SE01-3	166	Franco Arreola Héctor Emmanuel	GEOQP-27 CARTEL	97
Ferrari Luca	SE01-8	167	Franco Cruz Patsy*	EG-3	29
Ferrari Luca*	SE01-9 CARTEL	168	Franco Pedro*	EG-1	29
Ferrari Luca	SE01-10 CARTEL	168	Franco-Rubio Miguel	RN-39 CARTEL	137
Ferrari Luca	SE01-11 CARTEL	168	Frausto-Castillo José Antonio	SE10-16	219
Ferrari Luca	SE04-7	180	Frausto-Castillo José Antonio	SE10-69 CARTEL	230
Ferreira Vicente	SE10-10	217	Fregoso Emilia	EG-21	33
Ferreira Vicente	SE10-67 CARTEL	229	Frei Dirk	GET-7	67
Ferrer-Hernández Katya Lizeth*	GET-30 CARTEL	73	Frez José*	SIS-15	146
Ferrer Toledo Hugo Oswaldo	SIS-43 CARTEL	152	Friedrich Martina	SE03-14	176
Ferres Dolores	VUL-18 CARTEL	160	Fuentes Arreazola Mario	GEOH-7	55
Ferriño Fierro Adrián Leonardo	RN-25 CARTEL	134	Fuentes Arreazola Mario	SIS-38 CARTEL	150
Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE18-2 CARTEL	257	Fuentes Franco Ramón	SE05-4	186
Fierro Macías Carlos Daniel*	SE06-34 CARTEL	196	Fuentes Romero Elizabeth	CS-3	9
Figueroa Bernardo	CCA-32	23	Fuentes Romero Elizabeth	CS-20 CARTEL	13
Figueroa Gerardo*	SE06-27	194	Fuentes Romero Elizabeth	CS-22 CARTEL	14
Figueroa Miranda Sócrates*	RN-21	133	Fuentes Romero Elizabeth	CS-25 CARTEL	14
Figueroa-Montaña Arturo	CCA-50 CARTEL	26	G. Espíndola J. Carlos	EG-55 CARTEL	40
Figueroa Soto Ángel	SIS-8	144	G. Mayor Yandy	CCA-50 CARTEL	26
Figueroa Soto Ángel	SE06-21	192	Gaitán De Los Ríos Karen Patricia*	GGA-25 CARTEL	82

Gaitán Ramírez María Felix*	SE06-19	192	García Rocío*	SE03-6	175
Galán Breth Rosa Iris*	MSG-18 CARTEL	104	García Rocío	SE18-4 CARTEL	257
Galarza López Antonio*	GEOQP-22 CARTEL	96	García Rodrigo	CCA-38	24
Galaviz Alberto	SIS-20	147	García Rodríguez Habid*	GEOQP-34 CARTEL	99
Galaviz Alberto	SE04-20 CARTEL	183	García Rodríguez Habid	PALEO-13 CARTEL	125
Galeana Cruz Elizabeth	AR-12	4	García Ruiz Selene	CCA-42 CARTEL	25
Galicia Leopoldo	CS-11 CARTEL	11	García Sánchez Laura	RN-9	130
Galicia Pérez Marco Antonio	OCC-41 CARTEL	114	García Sandoval Raymundo Rafael*	GEOQP-33 CARTEL	99
Galicia Pérez Marco Antonio	SE04-6	180	García Serrano Alejandro	EG-24	34
Gallardo Alfredo	OCC-17	109	García Serrano Alejandro	SE04-13	182
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-6	101	García Serrano Alejandro	SE17-1	252
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-7	102	García Serrano Alejandro*	SE17-2	252
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-8	102	García Serrano Alejandro	SE17-3	252
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-10 CARTEL	102	García Serrano Alejandro	SE17-4	252
Gallardo Delgado Luis Alonso	SE06-29	194	García Serrano Alejandro	SE17-6	253
Galvez Oscar	SIS-38 CARTEL	150	García Serrano Alejandro	SE17-7	253
Gámez Lindoro Antonio*	SE17-12 CARTEL	254	García Serrano Alejandro	SE17-11 CARTEL	254
Gaona Aurora*	SE10-53 CARTEL	226	García Serrano Alejandro	SE17-12 CARTEL	254
Gaona Mota Marcos*	EG-12	31	García Tenorio Felipe*	VUL-20 CARTEL	160
Garatuza Payán Jaime	SE03-17 CARTEL	177	García Tenorio Felipe	VUL-23 CARTEL	161
Garatuza Payán Jaime	SE13-4	239	García Tenorio Felipe	SE06-32	195
Garatuza Payán Jaime*	SE15-6	248	García Tovar Gloria P.	GEOQP-22 CARTEL	96
Garay Delgado José Gerardo	SE06-43 CARTEL	198	García Zuber Alain Jair	CCA-18	20
Garcés Rodríguez Yuliesky*	OCE-15	120	García Zuber Alain Jair*	SE03-3	174
García Abdeslem Juan*	EG-22	33	García de León Martínez Luis	SIS-7	144
García Adrián*	RN-27 CARTEL	134	García de la Cruz Juan Manuel	GP-6	62
García-Aguilar María Concepción	SE10-17	219	García y Barragán Juan Carlos	SE07-7	203
García-Aguilar María Concepción	SE10-18	219	Garduño Monroy Víctor Hugo	EG-56 CARTEL	40
García Agustín	CCA-18	20	Garduño Monroy Víctor Hugo	GET-29 CARTEL	73
García Agustín	CCA-35	23	Garduño Monroy Víctor Hugo	RN-9	130
García Agustín	CCA-36	23	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-5	189
García Agustín*	SE10-46	225	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-6	189
García Agustín	SE10-72 CARTEL	230	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-10	190
García Agustín	SE10-79 CARTEL	231	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-14	191
García Arróliga Norlang Marcel	RN-15	131	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-15	191
García Arthur Miguel Angel	SIS-38 CARTEL	150	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-18	192
García Caballero Estefanía*	OCC-26	111	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-19	192
García Calderón Norma Eugenia	CS-20 CARTEL	13	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-20	192
García Calderón Norma Eugenia	CS-22 CARTEL	14	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-22	193
García Calderón Norma Eugenia*	CS-25 CARTEL	14	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-23	193
García Carrillo Paula*	SE10-58 CARTEL	227	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-40 CARTEL	197
García-Casco Antonio	SE07-19	207	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-41 CARTEL	197
García Chan Néstor	MSG-13 CARTEL	103	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-44 CARTEL	198
García-Díaz José Luis	SE07-2	202	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-45 CARTEL	198
García-Díaz José Luis	SE07-26	208	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-46 CARTEL	199
García Franco Jorge Luis	CCA-29	22	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-50 CARTEL	200
García Gamez Juan Jaime*	SE13-4	239	Garduño Monroy Víctor Hugo	SE14-10 CARTEL	245
García-García Fernando	CCA-4	17	Gargiulo José D.	GGA-7	77
García-García Fernando*	CCA-17	19	Garza Juan Carlos	EG-28	35
García-García Fernando	SE03-2	174	Garza Juan Carlos	SE06-38 CARTEL	197
García-García Fernando	SE03-4	174	Garza Rocha Daniel*	EG-43 CARTEL	38
García Garnica Edgar Manuel*	SE12-8 CARTEL	236	Gasca Ortíz Tzittali	OCC-31 CARTEL	112
García Gastélum Alejandro	SIS-54 CARTEL	154	Gasca Ortíz Tzittali*	OCC-37 CARTEL	113
García Gómez Ixetl*	SE10-37	223	Gaspar Escribano Jorge Miguel	SIS-49 CARTEL	153
García Gómez Víctor Hugo	AR-5	3	Gauna Saucedo Iris Lucia*	GEOQP-21 CARTEL	96
García Gómez Víctor Hugo	AR-15	5	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCC-6	107
García Gómez Víctor Hugo*	AR-25 CARTEL	7	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCE-7	118
García Gómez Víctor Hugo	AR-27 CARTEL	7	Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	OCE-9	118
García Hernández Oscar Humberto	SE06-5	189	Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	SE04-6	180
García Hernández Oscar Humberto	SE06-40 CARTEL	197	Gaxiola Camacho José Ramón	GEOD-1	50
García Hernández Oscar Humberto*	SE06-50 CARTEL	200	Gaytan Espinoza Alexis	EG-33 CARTEL	36
García Huerta Santiago	GP-8	62	Gaytan Espinoza Alexis*	EG-34 CARTEL	36
García-Jerez Antonio	EG-52 CARTEL	39	Gaytan Espinoza Alexis	GP-10 CARTEL	63
García Jonathan*	SE10-50 CARTEL	226	Gaytan Espinoza Alexis*	GGA-24 CARTEL	82
García López Ramón Victorino	GEOD-3	50	Gaytan Espinoza Alexis	GEOQP-29 CARTEL	98
García López Ramón Victorino	GEOD-4	50	Gaytán-Meráz Francisco*	GET-19 CARTEL	70
García López Ramón Victorino*	GEOD-5	50	Gershunov Alexander	CCA-14	19
García Monser	SE15-2	247	Gho Rayen	SE16-4 CARTEL	250
García Morales Valeria*	SED-4 CARTEL	139	Giordano Guido	SE06-3	188
García Nava Héctor*	OCC-29	112	Giorgi Filippo	SE05-4	186
García Nava Héctor*	OCC-32 CARTEL	112	Giustiniani Michela	EG-5	29
García Nava Héctor	OCC-40 CARTEL	114	Glowacka Ewa	GEOH-7	55
García Nava Héctor	OCC-44 CARTEL	114	Glowacka Ewa	SIS-38 CARTEL	150
García Nava Héctor	SE10-23	220	Godínez Sandoval Víctor Manuel	OCE-5	118
García Nava Héctor	SE10-24	220	Godínez Sandoval Víctor Manuel	OCE-11	119
García Nava Héctor	SE10-42	224	Godínez Sandoval Víctor Manuel	OCE-12	119
García Nava Héctor	SE10-62 CARTEL	228	Godínez Sandoval Víctor Manuel	OCE-15	120
García Nava Héctor	SE10-80 CARTEL	231	Godoy Montañez Raúl	SE04-9	181
García-Oliva Felipe*	CS-11 CARTEL	11	Gogichaishvili Avto	AR-14	4
García Palacios Miguel	GET-31 CARTEL	73	Gogichaishvili Avto	CS-2	9
García Rafael*	CS-2	9	Gogichaishvili Avto	CS-8	10
García Rafael*	CS-8	10	Gogichaishvili Avto	CS-13 CARTEL	11
García Rafael*	GEOPAL-13	87	Gogichaishvili Avto	CS-15 CARTEL	12
García Redondo Natalia*	GEOPAL-14 CARTEL	87	Gogichaishvili Avto	CS-24 CARTEL	14
García Rocío	CS-17 CARTEL	12	Gogichaishvili Avto	GEOPAL-2	84

Gogichaishvili Avto*	GEOPAL-4	84	González Gaona Denis Isamar	CS-15 CARTEL	12
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-5	85	González Gaona Denis Isamar*	CS-24 CARTEL	14
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-8	85	González García Joel*	PALEO-11 CARTEL	125
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-13	87	González García María Isabel*	CCA-11	18
Gogichaishvili Avto*	GEOPAL-15 CARTEL	87	González Gino	SE16-4 CARTEL	250
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-16 CARTEL	87	González Guadarrama María de Jesús	GGA-18 CARTEL	80
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-18 CARTEL	88	González Guevara José Luis*	MSG-15 CARTEL	103
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-21 CARTEL	88	González Guevara José Luis*	VUL-26 CARTEL	162
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-22 CARTEL	89	González Guevara José Luis*	SE04-19 CARTEL	183
Gogichaishvili Avto	SE14-9 CARTEL	244	González Guzmán René*	SE01-7	167
Gogorza Claudia	GEOPAL-5	85	González Hernández Galia	AR-9	3
Gómez Alejandro Ana Victoria*	CCA-39 CARTEL	24	González Hernández Galia	AR-10	4
Gómez Álvarez Fidel*	SE06-15	191	González Hernández Galia	AR-15	5
Gómez Álvarez Fidel	SE06-40 CARTEL	197	González Hernández Galia	AR-27 CARTEL	7
Gómez Álvarez Fidel	SE06-46 CARTEL	199	González Hernández Galia	AR-29 CARTEL	7
Gómez-Arango Johana Andrea*	VUL-29 CARTEL	162	González-Huizar Héctor	SIS-37 CARTEL	150
Gómez Arias Efraín	EG-44 CARTEL	38	González Ibarra Natllely de Jesús	EG-43 CARTEL	38
Gómez Ceballos Luis Fernando	SIS-25 CARTEL	148	González José Juan*	FE-6	43
Gómez Cerino Yaneth*	SE06-45 CARTEL	198	González José Juan*	FE-18	46
Gómez Cortés Joaquín	SE06-40 CARTEL	197	González Juárez Diego Armando	EG-27	35
Gómez Cortés Joaquín	SE06-45 CARTEL	198	González Juárez Diego Armando	EG-45 CARTEL	38
Gómez-Espinosa Víctor	SE04-12	181	González Juárez Diego Armando	EG-47 CARTEL	38
Gómez Flores Octavio*	FE-1	43	González Juárez Diego Armando	EG-50 CARTEL	39
Gómez González Federico*	GGA-3	76	González-León Carlos M.*	SE07-6	203
Gómez-González Jorge	GEOQP-4	91	González López Lucía Adriana*	SE09-9 CARTEL	213
Gómez-González Jorge	GEOQP-30 CARTEL	98	González López Martina	SE04-20 CARTEL	183
Gómez González Juan Martín*	SIS-7	144	González Luis Xavier	FE-9	44
Gómez González Juan Martín*	SIS-19	146	González Martínez Leonela Aimee	GEOQP-34 CARTEL	99
Gómez González Juan Martín	SIS-21	147	González Martínez Leonela Aimee	PALEO-13 CARTEL	125
Gómez González Juan Martín	SE04-3	179	González Martínez Mario	SIS-8	144
Gómez González Juan Martín	SE04-5	180	González Martínez Mario	SIS-9	145
Gómez González Juan Martín*	SE18-1 CARTEL	257	González-Ortega Javier Alejandro	FE-10	44
Gómez Javier	GEOQP-14	94	González Partida Eduardo	GEOQP-13	94
Gómez-Lizarraga Laura	SE12-4	235	González Ramírez Javier*	SE10-6	217
Gómez López Lizbeth*	SE06-46 CARTEL	199	González Rangel José Antonio*	GEOPAL-17 CARTEL	87
Gómez Peña Yoselyn*	EG-46 CARTEL	38	González Robles Maura*	CCA-2	17
Gómez-Ramos Octavio	CCA-15	19	González Romo Irving Antonio	SE06-16	191
Gómez-Ramos Octavio	SE10-71 CARTEL	230	González Romo Irving Antonio	SE06-24	193
Gómez-Ramos Octavio	SE10-74 CARTEL	231	González Romo Irving Antonio*	SE06-26	194
Gómez Rodríguez Darío*	EG-32	36	González Romo Irving Antonio	SE06-52 CARTEL	200
Gómez Sena Isaivis*	OCC-20	110	González Santamaría Raúl	SE10-27	221
Gómez Torres Mayela Clemencia	SE06-47 CARTEL	199	González Santamaría Raúl*	SE10-34	222
Gómez Torres Mayela Clemencia*	SE06-48 CARTEL	199	González Silvera Adriana*	OCC-10	107
Gómez Treviño Enrique	MSG-8	102	González Silvera Adriana	OCC-35 CARTEL	113
Gómez Tuena Arturo	SE07-23	208	González Torres Enrique	GEOQP-6	92
Gómez Valdés José	OCC-8	107	González Torres Enrique	GEOQP-23 CARTEL	96
Gómez Valdés José*	OCE-4	117	González Viveros Pohema de Jesús*	CCA-4	17
Gómez-Valdivia Felipe*	SE10-22	220	González Viveros Pohema de Jesús	CCA-17	19
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela*	VUL-11	158	González del Castillo Eugenia*	SE03-1	174
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-22 CARTEL	161	González del Castillo Eugenia	SE03-15	176
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-28 CARTEL	162	González del Castillo Eugenia	SE03-16 CARTEL	176
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-29 CARTEL	162	González#Jiménez José María	SE07-19	207
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE06-17	191	Gracia Adolfo*	SE10-16	219
Gómez Vergara Gerardo*	GEOH-6	55	Gracia Adolfo	SE10-69 CARTEL	230
González Adriana	SIS-14	146	Gradilla Martínez Luis Carlos	GET-32 CARTEL	73
González Aguilar Maura Enriqueta*	SE06-18	192	Gradilla Martínez Luis Carlos	SE13-7	240
González Alfaro Alejandra	SE06-47 CARTEL	199	Gradilla Martínez Luis Carlos*	SE13-8	240
González Alfaro Alejandra	SE06-48 CARTEL	199	Grahmann Kathrin	SE15-4	247
González-Amador María Fernanda	CS-3	9	Grajales Nishimura José Manuel	SED-9 CARTEL	141
González Arqueros María Lourdes*	SE14-5	243	Granados Chavarría Ivan	SIS-12	145
González Barba Gerardo	AR-19 CARTEL	5	Granados Iván	EG-16	32
González Castañeda Jaqueline	GGA-11 CARTEL	78	Granados Iván*	EG-35 CARTEL	36
González Cervantes Norma	RN-20	132	Granados Iván	SIS-43 CARTEL	152
González Cervantes Norma	SE07-8	203	Granados Iván	SIS-48 CARTEL	153
González Cervantes Norma*	SE07-16	206	Granados Iván*	SE06-39 CARTEL	197
González Díaz María Guadalupe*	SE07-11	204	Granados Martínez Karol Paulina*	OCC-38 CARTEL	113
González Domínguez Javier*	OCC-39 CARTEL	113	Granados Olivas Alfredo	GEOH-9	56
González Enrique	SE03-6	175	Granados Pastrana José Eduardo*	EG-9	30
González Escobar Mario*	GET-5	67	Granados Pastrana José Eduardo	SE06-16	191
González Escobar Mario	GET-6	67	Grave Tirado Alfonso	AR-29 CARTEL	7
González Escobar Mario	GET-32 CARTEL	73	Gray Vallejo Ernesto*	OCC-42 CARTEL	114
González Esparza Juan Américo	FE-4	43	Grijalva Miranda Sughei Magdalena	SED-3 CARTEL	139
González Esparza Juan Américo*	FE-9	44	Griset Sara	CS-1	9
González Esparza Juan Américo	FE-11	44	Gross Markus	OCE-11	119
González Esparza Juan Américo	FE-13	45	Gross Markus	OCE-12	119
González Esparza Juan Américo	FE-20	46	Grupo Mexidril	SE12-1	235
González Esparza Juan Américo	FE-21 CARTEL	46	Grupo de trabajo del Servicio Sismológico	SIS-36 CARTEL	150
González Esparza Juan Américo	FE-22 CARTEL	46	Nacional Instituto de Geofísica		
González Esparza Juan Américo	FE-24 CARTEL	47	Grutter Michel	CCA-16	19
González Esparza Juan Américo	FE-25 CARTEL	47	Grutter Michel	CCA-18	20
González Esparza Juan Américo*	FE-26 CARTEL	47	Grutter Michel	SE03-1	174
González Fernández Antonio	GET-3	66	Grutter Michel	SE03-3	174
González Fernández Antonio	GET-8	67	Grutter Michel	SE03-14	176
González Fernández Antonio	GET-33 CARTEL	74	Grutter Michel*	SE03-15	176
González Fernández Antonio	SE06-28	194	Grutter Michel	SE03-16 CARTEL	176

Guajardo Lara Juan José	GEOD-10 CARTEL	52	Herguera Juan Carlos	SE14-4	243
Guajardo Lara Juan José	GP-4	61	Hernández Antonio	SE04-14	182
Guajardo Lara Juan José	GP-11 CARTEL	63	Hernández Antonio	SE13-1	239
Guajardo Lara Juan José	GP-12 CARTEL	63	Hernández Arnaldo	AR-28 CARTEL	7
Guajardo Lara Juan José	GEOQP-24 CARTEL	96	Hernández Aviles Geovanny*	GEOQP-13	94
Guajardo Lara Juan José	GEOQP-33 CARTEL	99	Hernández Aviles Geovanny	SE07-20	207
Gudiño Napoleon	SE13-7	240	Hernández Ayón José Martín	OCC-2	106
Gudiño Napoleon	SE13-8	240	Hernández Ayón José Martín	OCE-3	117
Guerra Cobian Victor Hugo	RN-25 CARTEL	134	Hernández Ayón José Martín	SE10-8	217
Guerra Roel Rafael*	GET-12	68	Hernández Ayón José Martín*	SE10-9	217
Guerra Roel Rafael	GET-21 CARTEL	71	Hernández Ayón José Martín	SE10-35	223
Guerrero Grajeda José	CCA-52 CARTEL	27	Hernández Bello María Guadalupe	RN-15	131
Guerrero Martínez Fernando Javier*	SE06-16	191	Hernández Bello María Guadalupe*	RN-16	131
Guerrero Martínez Lilia*	GEOH-10	56	Hernández Bello María Guadalupe	RN-17	131
Guerrero-Moreno Sandra*	SE07-29 CARTEL	209	Hernández Bello María Guadalupe	SE04-4	179
Guerrero Olmo	SE03-9	175	Hernández Castillo Luis Enrique	EG-38 CARTEL	37
Guerrero Olmo*	SE03-11	176	Hernández Contreras Héctor Octavio Augusto*	MSG-17 CARTEL	103
Guerrero Suastegui Martin*	SE07-26	208	Hernández Díaz Cinthia	FE-8	44
Guevara Alday Diana Atenea*	SE06-20	192	Hernández-Espriú Antonio*	SE01-4	166
Guevara Alday Jorge Alejandro	SE06-4	188	Hernández-Espriú Antonio	SE01-5	167
Guevara Alday Jorge Alejandro*	SE06-23	193	Hernández-Espriú Antonio*	SE04-12	181
Guevara Mansilla Oscar*	GEOH-5	55	Hernández Esteban	SE17-14 CARTEL	254
Guevara María de Jesús*	CCA-9	18	Hernández García Guillermo de Jesús	GEOH-1	54
Guilbaud Marie-Noëlle	VUL-13	159	Hernández García Guillermo de Jesús*	MSG-2	101
Guillermo Montiel Juan Carlos*	SE05-1	186	Hernández García José de Jesús	SIS-41 CARTEL	151
Gulick Sean	GEOPAL-1	84	Hernández-Gómez Jorge Javier	EG-13	31
Gutiérrez Acosta Raúl	OCC-41 CARTEL	114	Hernández González Mayra	SE10-38	223
Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe	PALEO-11 CARTEL	125	Hernández Grajales Mezli	AR-18 CARTEL	5
Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe	PALEO-12 CARTEL	125	Hernández Hernández Aurora*	RN-15	131
Gutiérrez Bravo Juan Gerardo*	OCE-22 CARTEL	121	Hernández Hernández Aurora	RN-17	131
Gutiérrez Carmona Dulce María E.	EG-56 CARTEL	40	Hernández-Hernández Isabel	VUL-4	156
Gutiérrez Carmona Dulce María E.	SE06-44 CARTEL	198	Hernández Ignacio	GEOD-6	51
Gutiérrez Dimitri	SE12-6	236	Hernández Javier*	GET-7	67
Gutiérrez Echeverría Alejandro	OCC-24	110	Hernández Javier	SED-5 CARTEL	140
Gutiérrez Eduardo	VUL-4	156	Hernández Javier	SE06-3	188
Gutiérrez García Genaro*	SE12-10 CARTEL	237	Hernández Lidia Salud	VUL-28 CARTEL	162
Gutiérrez Navarro Rodrigo*	SE07-9	204	Hernández López José Carlos	EG-59 CARTEL	41
Gutiérrez Navarro Rodrigo	SE07-12	205	Hernández López Julieta	OCC-11	108
Gutiérrez Padilla Luis	SE04-22 CARTEL	184	Hernández López Julieta	OCC-15	108
Gutiérrez Quiriat Jearim	SIS-29 CARTEL	149	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-13	131
Gutiérrez Rodrigo	SE04-10	181	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-19	132
Gutiérrez Rodríguez Ricardo	EG-26	34	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-21	133
Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia	CS-13 CARTEL	11	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-22	133
Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia	GEOQP-31 CARTEL	98	Hernández Maldonado Gerardo Jalil*	SE13-5	240
Gutiérrez Vladimir	SE10-44	225	Hernández Marín Martín	GEOH-10	56
Gutiérrez de Velasco Sanroman Guillermo	CCA-44 CARTEL	25	Hernández Marín Martín	RN-20	132
Gutiérrez de Velasco Sanroman Guillermo	CCA-47 CARTEL	25	Hernández Marmolejo Yoalli Bianii	GEOQP-6	92
Guzmán Ana Fabiola	AR-19 CARTEL	5	Hernández Márquez Sandra Estefanía*	VUL-7	157
Guzmán Francisco	FE-6	43	Hernández Márquez Sandra Estefanía	VUL-8	157
Guzmán Galindo Tiohary Dagoberto	GEOD-5	50	Hernández Martín*	GGA-2	76
Guzmán García Rosalinda	EG-27	35	Hernández Ordóñez Rodrigo*	GP-3	61
Guzmán García Rosalinda	EG-45 CARTEL	38	Hernández Oscay Ariadna	SE04-20 CARTEL	183
Guzmán García Rosalinda	EG-47 CARTEL	38	Hernández Peraza Dayana*	GGA-1	76
Guzmán García Rosalinda	EG-50 CARTEL	39	Hernández-Pérez Eliseo*	GEOH-14	57
Guzmán Hidalgo Elizabeth*	EG-18	33	Hernández-Pérez Eliseo	SE01-6	167
Guzmán-Huerta Alitzel*	SE15-3	247	Hernández Quevedo Gabriela	GEOQP-32 CARTEL	98
Guzmán Michel	GEOD-1	50	Hernández Quintero Juan Esteban	AR-23 CARTEL	6
Guzmán Morales Janin*	CCA-14	19	Hernández Quintero Juan Esteban	EG-24	34
Guzmán Sánchez Javier	SE04-1	179	Hernández Quintero Juan Esteban	GEOPAL-10	86
Guzmán Speziale Marco*	SIS-21	147	Hernández Quintero Juan Esteban*	GEOPAL-12	86
Guzmán Speziale Marco	SIS-32 CARTEL	149	Hernández Quintero Juan Esteban*	GEOPAL-22 CARTEL	89
Guzmán de la Cruz Miguel Ángel*	SIS-39 CARTEL	151	Hernández Quintero Juan Esteban	GEOPAL-23 CARTEL	89
H. Díaz de León S. Abraham*	EG-55 CARTEL	40	Hernández Quintero Juan Esteban	GEOPAL-24 CARTEL	89
Hakspiel Cristian	SE10-2	216	Hernández Quintero Juan Esteban	RN-6	129
Harder Steven H.	MSG-12 CARTEL	103	Hernández Quintero Juan Esteban*	SE17-6	253
Haro Jimenes Adrian	SE06-5	189	Hernández Quintero Juan Esteban	SE17-10 CARTEL	254
Hase Frank	CCA-18	20	Hernández Rene	VUL-28 CARTEL	162
Held Sebastian	SE06-12	190	Hernández Rosales Alberto	CS-9 CARTEL	11
Heredia Alejandro	SE09-1	212	Hernández Rubén*	SIS-48 CARTEL	153
Heredia Alejandro	SE09-5	212	Hernández Sánchez Oscar Gabriel*	SE10-56 CARTEL	227
Heredia Cándido Moisés*	FE-23 CARTEL	46	Hernández Sánchez Rosa Isabel	GEOH-19 CARTEL	58
Heredia Jiménez Daniela Paulina*	PALEO-2	123	Hernández Sánchez Rosa Isabel*	GEOH-20 CARTEL	58
Heredia Martínez Mariana Guadalupe	EG-16	32	Hernández Santander Isaías	SIS-50 CARTEL	153
Heredia Martínez Mariana Guadalupe	EG-42 CARTEL	38	Hernández Saul Abraham	EG-28	35
Heredia Martínez Mariana Guadalupe*	SIS-43 CARTEL	152	Hernández-Siade Alma Tatiana*	SE10-71 CARTEL	230
Heredia Verence	SE14-6	244	Hernández Silva Gilberto	CS-25 CARTEL	14
Hererra Beatriz	CCA-18	20	Hernández Silva Gilberto*	GGA-5	76
Herguera Juan Carlos	SED-7 CARTEL	140	Hernández Sotelo Katia*	OCE-20 CARTEL	121
Herguera Juan Carlos	SE10-8	217	Hernández-Tirado Arturo Erubiel*	CS-3	9
Herguera Juan Carlos	SE10-10	217	Hernández-Tirado Arturo Erubiel	CS-20 CARTEL	13
Herguera Juan Carlos	SE10-33	222	Hernández-Tirado Arturo Erubiel*	SE04-17 CARTEL	182
Herguera Juan Carlos	SE10-48	225	Hernández-Vargas Giselle	SE10-74 CARTEL	231
Herguera Juan Carlos	SE10-67 CARTEL	229	Hernández-Vergara Rogelio	SE07-30 CARTEL	209
Herguera Juan Carlos	SE10-68 CARTEL	230	Hernández Víctor Manuel	VUL-33 CARTEL	164
Herguera Juan Carlos	SE12-9 CARTEL	236	Hernández-Walls Rafael	OCC-39 CARTEL	113

Hernández-Walls Rafael*	OCC-44 CARTEL	114	Jiménez Haro Adrián	SE06-18	192
Hernández-Walls Rafael*	OCE-10	119	Jiménez Haro Adrián	SE06-19	192
Hernández Walter	VUL-4	156	Jiménez Haro Adrián	SE06-40 CARTEL	197
Herrera Barrientos Jaime	GEOH-20 CARTEL	58	Jiménez Haro Adrián	SE06-46 CARTEL	199
Herrera Juárez Viridiana	EG-27	35	Jiménez Haro Adrián	SE06-50 CARTEL	200
Herrera Juárez Viridiana*	EG-47 CARTEL	38	Jiménez-Illescas Ángel Rafael	OCC-6	107
Herrera León William Herbe	RN-20	132	Jiménez-Illescas Ángel Rafael	OCE-7	118
Herrera-Moro Dulce	SE10-72 CARTEL	230	Jiménez Miguel Fernando	SE18-2 CARTEL	257
Herrera-Pedraza Eduardo F.	RN-39 CARTEL	137	Jiménez Romero Wendy Cristell*	AR-23 CARTEL	6
Herrera Revilla Ismael*	SE06-9	190	Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia Adelheid	SE10-14	218
Herrera-Silveira Jorge A.	CCA-53 CARTEL	27	Jiménez Valerio Cuitláhuac	AR-4	2
Herrera-Silveira Jorge A.	SE10-1	216	Jiménez Velázquez Juan Cralos	SIS-20	147
Herrera-Silveira Jorge A.	SE10-3	216	Jones Matthew	SE14-7	244
Herrera-Silveira Jorge A.	SE10-8	217	Jorge Blancas	AR-6	3
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-13	57	Joshi Anand	SIS-16	146
Herrera Zamarrón Graciela	MSG-18 CARTEL	104	Jouanno Julien	SE10-7	217
Herrera Zamarrón Graciela	SE06-9	190	Jouanno Julien	SE10-30	222
Herzka Sharon	SE10-14	218	Jousset Philippe	SIS-12	145
Herzka Sharon	SE10-33	222	Jousset Philippe	SE06-21	192
Herzka Sharon	SE10-48	225	Jousset Philippe	SE06-39 CARTEL	197
Herzka Sharon	SE10-53 CARTEL	226	Juárez Aparicio Fátima*	GGA-22 CARTEL	81
Herzka Sharon	SE10-56 CARTEL	227	Juárez Arriaga Edgar	GET-11	68
Hilley George	GET-14	69	Juárez Arriaga Edgar*	SED-1 CARTEL	139
Hinojosa Alejandro	SE13-5	240	Juárez Arriaga Edgar	SE07-8	203
Hinojosa Alejandro	SE13-7	240	Juárez Arriaga Edgar*	SE07-10	204
Hinojosa Alejandro	SE13-8	240	Juárez Arriaga Edgar	SE07-11	204
Hinojosa-Robles Eduardo	RN-12	130	Juárez Arriaga Edgar	SE07-12	205
Hiscott Richard N.	SE07-26	208	Juárez Arriaga Erick	GEOPAL-3	84
Hjörleifsdóttir Vala	SIS-17	146	Juárez Arriaga Erick*	GEOPAL-7	85
Huante Arana Francisco	MSG-11 CARTEL	102	Juárez Arriaga Erick	GEOPAL-11	86
Huerta Díaz Miguel Angel	SE10-50 CARTEL	226	Juárez Fonseca Miryam*	SE10-1	216
Huerta Espinoza Omar*	RN-29 CARTEL	135	Juárez Fonseca Miryam	SE10-3	216
Huerta García Roberto Emmanuel	RN-25 CARTEL	134	Juárez Pérez Javier Iván	CCA-32	23
Huerta Hernández Alejandra*	EG-54 CARTEL	40	Juárez Pérez Javier Iván*	CCA-53 CARTEL	27
Huipe Domratcheva Elizandro*	FE-13	45	Juárez Sánchez Andrea*	RN-10	130
Huipe Domratcheva Elizandro	FE-23 CARTEL	46	Juárez Sánchez Andrea	RN-15	131
Huitzil Hinojosa Laura Elianne*	EG-24	34	Juárez Sánchez Andrea	RN-17	131
Husker Allen	SIS-37 CARTEL	150	Juárez Zúñiga Sandra*	SE07-20	207
Husker Allen	SIS-52 CARTEL	154	Jurado Sebastián	SED-5 CARTEL	140
Ibañez Oscar	RN-36 CARTEL	136	Jurado Yesenia*	GP-15 CARTEL	64
Ibarra Bustos Pablo	SE06-21	192	Kajdic Primoz	FE-5	43
Ibarra Moreno Julio Antonio de Jesús	GEOQP-34 CARTEL	99	Kajdic Primoz	FE-28 CARTEL	47
Ibarra Moreno Julio Antonio de Jesús*	PALEO-13 CARTEL	125	Kapper Lisa	GEOPAL-13	87
Ibarra-Ortega Héctor Enrique	GEOPAL-7	85	Karlovich Yuriy	FE-15	45
Ibarra Vázquez Jorge Alejandro	GEOD-10 CARTEL	52	Karplus Marianne S.	SIS-37 CARTEL	150
Ibarra Vázquez Jorge Alejandro	GP-12 CARTEL	63	Kono Martínez Tadashi*	OCC-23	110
Ibarra Vázquez Jorge Alejandro	GEOQP-33 CARTEL	99	Kono Martínez Tadashi	OCC-39 CARTEL	113
Ide Satoshi*	SIS-31 CARTEL	149	Kono Martínez Tadashi	OCE-11	119
Iglesias Mendoza Arturo	SIS-11	145	Kono Martínez Tadashi	SE10-51 CARTEL	226
Iglesias Mendoza Arturo	SIS-41 CARTEL	151	Kostoglodov Vladimir	SIS-22	147
Iglesias Mendoza Arturo	SIS-49 CARTEL	153	Kostoglodov Vladimir	SIS-52 CARTEL	154
Ignacio González José	SE10-63 CARTEL	228	Kotzakoulakis Konstantinos*	SE10-21	220
Imaz Gispert Mireya	SE04-22 CARTEL	184	Kretzschmar Thomas	SE01-7	167
Inda Díaz Héctor	SE16-1 CARTEL	250	Kshirsagar Pooja	VUL-30 CARTEL	163
Inguaggiato Claudio	VUL-10	158	Kshirsagar Pooja	VUL-31 CARTEL	163
Inguaggiato Claudio	SE01-7	167	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro	SE10-38	223
Iriondo Alexander	GET-34 CARTEL	74	Lacan Pierre	GET-29 CARTEL	73
Islas Mario	SE04-10	181	Lacan Pierre	SIS-4	143
Islas Santes Fredy*	EG-50 CARTEL	39	Lacan Pierre	SIS-6	144
Ismail-Zadeh Alik*	SE11-1	233	Lacan Pierre	VUL-4	156
Israde Alcántara Isabel	CS-24 CARTEL	14	Lachniet Matthew	SE14-2	243
Israde Alcántara Isabel	GEOPAL-8	85	Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-32	23
Israde Alcántara Isabel	SE14-5	243	Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-51 CARTEL	26
Israde Alcántara Isabel*	SE14-9 CARTEL	244	Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-53 CARTEL	27
Israde Alcántara Isabel	SE14-10 CARTEL	245	Ladrón de Guevara Torres María	GEOH-19 CARTEL	58
Iturvide-Sánchez Flavio	CCA-37	24	Lago Lestón Asunción*	SE10-13	218
Iwahori Takuya*	SIS-35 CARTEL	150	Lago Lestón Asunción	SE10-55 CARTEL	227
Jácome Paz Mariana Patricia*	VUL-10	158	Lago Lestón Asunción	SE10-65 CARTEL	229
Jácome Paz Mariana Patricia*	SE04-1	179	Lago Lestón Asunción	SE10-66 CARTEL	229
Jácome Paz Mariana Patricia*	SE06-24	193	Lagos Marcelo*	SIS-56 CARTEL	154
Jácome Paz Mariana Patricia	SE06-26	194	Laguarda Alfredo	PALEO-8	124
Jácome Paz Mariana Patricia	SE06-52 CARTEL	200	Laguarda Alfredo	PALEO-14 CARTEL	126
Jácome Paz Mariana Patricia*	SE16-4 CARTEL	250	Lagunas Ocón Alma Delia*	GET-29 CARTEL	73
Jacques-Ayala César*	SE07-7	203	Landa Piedra Lizbeth	GEOQP-6	92
Jaime Rodríguez Diego*	SED-2 CARTEL	139	Landa Piedra Lizbeth*	GEOQP-23 CARTEL	96
Jaramillo Mariana	SE07-20	207	Landgraph Jochen	CCA-18	20
Jardel Peláez Enrique José	CS-16 CARTEL	12	Lara Cruz Patricia*	SE09-7	213
Jardel Peláez Enrique José	CS-21 CARTEL	13	Lara-Hernández Julio	SE10-47	225
Javier Trinidad Maria Guadalupe	EG-39 CARTEL	37	Lara Lara Rubén	OCE-3	117
Jenchen Uwe*	GEOQP-12	93	Lara Lara Rubén	OCE-14	119
Jenchen Uwe*	GEOQP-19 CARTEL	95	Lara Lara Rubén	OCE-22 CARTEL	121
Jicha Brian	SE06-3	188	Lara Lara Rubén	SE10-11	218
Jiménez-González Alana	SE01-4	166	Lara Lara Rubén	SE10-12	218
Jiménez Haro Adrián*	SE06-14	191	Lara Lara Rubén	SE10-53 CARTEL	226
Jiménez Haro Adrián	SE06-15	191	Lares Reyes Lucila	SE10-50 CARTEL	226

Larios Diego	SE10-42	224	López González José	OCC-27	111
Larrañaga Marco*	OCE-6	118	López González José*	OCC-28	111
Larrañaga Marco	SE10-39	223	López Guillen Circe	VUL-20 CARTEL	160
Lawton Timothy	SE07-10	204	López Haydee	SE10-13	218
Lawton Timothy	SE07-11	204	López Haydee	SE10-55 CARTEL	227
Lawton Timothy*	SE07-13	205	López Haydee*	SE10-65 CARTEL	229
Layer Paul W.	VUL-3	156	López Hernández Aída	SE06-43 CARTEL	198
Layer Paul W.	VUL-11	158	López Hernández Alejandro	AR-25 CARTEL	7
Layer Paul W.	VUL-22 CARTEL	161	López Jafet*	FE-22 CARTEL	46
Layer Paul W.	SE06-17	191	López Jiménez Eduardo*	SIS-18	146
Lázaro Mancilla Octavio	EG-56 CARTEL	40	López Loera Héctor	GEOH-5	55
Lázaro Mancilla Octavio	SE06-4	188	López Loera Héctor*	GEOPAL-9	86
Lazarte Zerpa Ivonne	SE16-4 CARTEL	250	López Loera Héctor	SE06-17	191
Lazcano Arce Jesús Carlos	GEOPAL-15 CARTEL	87	López Mariscal Manuel	OCE-11	119
Le Van Huong	GEOH-12	56	López Mariscal Manuel	OCE-12	119
Leal Hernández Marisela	CCA-49 CARTEL	26	López Martínez Margarita	GET-7	67
Ledesma Herrera Karina*	SIS-55 CARTEL	154	López Martínez Margarita	GEOQP-32 CARTEL	98
Ledesma Herrera Karina*	VUL-23 CARTEL	161	López Martínez Margarita	SE06-3	188
Lee Sánchez Erika	OCC-11	108	López Martínez Rafael	CS-1	9
Lee Sánchez Erika	SE10-2	216	López Martínez Rafael	SE14-3	243
Legrand Denis	SIS-11	145	López Melania	OCC-19	109
Legrand Denis	SIS-41 CARTEL	151	López-Montes Rebeca	FE-8	44
Leng Melanie	SE14-7	244	López-Montes Rebeca*	FE-10	44
León Cruz José Francisco*	CCA-10	18	López-Montes Rebeca	GEOPAL-10	86
León García Eduardo Levi*	SE06-5	189	López Norma L.	CS-13 CARTEL	11
León Loya Rodrigo Alejandro	GET-29 CARTEL	73	López Ortega Ana Brenda*	GGA-19 CARTEL	80
León Loya Rodrigo Alejandro*	SIS-4	143	López-Ortiz Edwin*	CS-23 CARTEL	14
León Mayra	AR-3	2	López-Palomino Isabel	PALEO-4	123
León Mayra	AR-26 CARTEL	7	López-Palomino Isabel	PALEO-5	124
León Sánchez Adrián Misael*	MSG-8	102	López-Quiroz Penélope*	SE04-7	180
Lerin Morales Karen Melissa*	SE09-10 CARTEL	213	López Samuel	EG-28	35
Lermo Samaniego Javier Francisco	RN-29 CARTEL	135	López Sara	SE15-2	247
Lermo Samaniego Javier Francisco	RN-34 CARTEL	136	López Saucedo Felipe de Jesús	CS-9 CARTEL	11
Lermo Samaniego Javier Francisco	SE06-3	188	López Saucedo Felipe de Jesús	EG-7	30
Levrès Gilles	GEOH-14	57	López Saucedo Felipe de Jesús	EG-33 CARTEL	36
Levrès Gilles	GET-4	66	López Saucedo Felipe de Jesús	EG-34 CARTEL	36
Levrès Gilles	GET-10	68	López Saucedo Felipe de Jesús	GET-17 CARTEL	70
Levrès Gilles	GGA-4	76	López Saucedo Felipe de Jesús	GGA-24 CARTEL	82
Levrès Gilles	GEOQP-18 CARTEL	95	López Saucedo Felipe de Jesús	GEOQP-29 CARTEL	98
Levrès Gilles	VUL-10	158	López Urias Charbeth	FE-8	44
Levrès Gilles	SE01-3	166	López Urias Charbeth*	GEOD-9 CARTEL	51
Levrès Gilles	SE01-4	166	López Valdés Néstor*	VUL-13	159
Levrès Gilles	SE01-6	167	López Valdés Néstor	SE04-1	179
Ley Cooper Alan Yusen	MSG-8	102	López Valdés Néstor*	SE04-22 CARTEL	184
Lezama Campos José Luis*	EG-4	29	López Valdés Néstor	SE17-10 CARTEL	254
Lezama Campos José Luis	EG-20	33	Loza Aguirre Isidro	GET-34 CARTEL	74
Lezama Campos José Luis	GEOH-11	56	Loza Aguirre Isidro	SE01-2	166
Lezana Duran Fernando*	CCA-27	22	Loza Aguirre Isidro	SE01-3	166
Licea Alexei F.	SE10-48	225	Loza Aguirre Isidro	SE01-10 CARTEL	168
Lima Velázquez Rosalba	SED-10 CARTEL	141	Loza Aguirre Isidro	SE01-11 CARTEL	168
Linacre Rojas Lorena Patricia*	SE10-11	218	Lozano Bravo Hilda*	AR-13	4
Linacre Rojas Lorena Patricia	SE10-12	218	Lozano-García María del Socorro*	SE12-1	235
Linacre Rojas Lorena Patricia	SE10-53 CARTEL	226	Lozano-García María del Socorro	SE12-2	235
Linares Areli	AR-26 CARTEL	7	Lozano-Hernández Joselyne*	RN-32 CARTEL	135
Linares Fleites Gladys	SE02-11 CARTEL	172	Lozano Niño Paola Anahí*	GET-23 CARTEL	71
Linares López Carlos	AR-12	4	Lucas Rodríguez Christian	GP-10 CARTEL	63
Linker Jon	FE-7	44	Lucero-Álvarez Jorge	GET-19 CARTEL	70
Lionello Roberto	FE-7	44	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-4	91
Liotta Domenico	SE06-6	189	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-14	94
Liotta Domenico	SE06-23	193	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-15	94
Lira Beltrán Marcela	VUL-20 CARTEL	160	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-30 CARTEL	98
Lira-Chávez Jorge	GET-30 CARTEL	73	Lugo Dorantes Angel Eduardo*	GGA-20 CARTEL	80
Liria Juan*	SE10-45	225	Luna Pérez Erika	CCA-38	24
Lomelí Ramírez Diana*	CS-19 CARTEL	13	Luna Rodríguez Javier Iván*	EG-17	32
Longoria José F.	SE07-17	206	Machiain Castillo María Luisa	SE12-7	236
Lopera Gasca Ana Cecilia	SE04-4	179	Macías Bustillos Luis Salvador*	SED-3 CARTEL	139
López-Aguilar Korinthy	OCC-17	109	Macías Castillo Marco Antonio	RN-7	129
López Aide*	MSG-4	101	Macías Castillo Marco Antonio	SIS-44 CARTEL	152
López Anton Omar	SE03-1	174	Macías Isabela*	GET-33 CARTEL	74
López Anton Omar	SE03-19 CARTEL	177	Macías Medrano Sergio Enrique	GEOQP-6	92
López Calderón Jorge	OCC-35 CARTEL	113	Macías Medrano Sergio Enrique	GEOQP-23 CARTEL	96
López Castillejos Julio	SE10-24	220	Macías Medrano Sergio Enrique	SE01-5	167
López Castillejos Julio	SE10-62 CARTEL	228	Macías Medrano Sergio Enrique*	SE04-14	182
López Ceja Juan Carlos	SE04-20 CARTEL	183	Macías Medrano Sergio Enrique	SE13-1	239
López Delgado Verónica*	AR-14	4	Macías Tapia Alfonso	OCC-11	108
López Doncel Rubén Alfonso*	AR-2	2	Macías Vázquez José Luis	CS-24 CARTEL	14
López Doncel Rubén Alfonso	GEOQP-11	93	Macías Vázquez José Luis	GEOPAL-9	86
López Doncel Rubén Alfonso	SE07-28 CARTEL	209	Macías Vázquez José Luis	GEOQP-7	92
López-Durán Itzel M.	SE10-16	219	Macías Vázquez José Luis	GEOQP-10	93
López-Durán Itzel M.	SE10-69 CARTEL	230	Macías Vázquez José Luis	RN-24	133
López Espinoza Erika Danaé	CCA-15	19	Macías Vázquez José Luis	RN-27 CARTEL	134
López Espinoza Erika Danaé*	CCA-38	24	Macías Vázquez José Luis	RN-28 CARTEL	134
López Espinoza Erika Danaé	SE10-74 CARTEL	231	Macías Vázquez José Luis	RN-35 CARTEL	136
López Gallegos Luis Uriel*	SE07-27 CARTEL	209	Macías Vázquez José Luis	VUL-11	158
López García Pedro A.	AR-24 CARTEL	6	Macías Vázquez José Luis	VUL-19 CARTEL	160

Macías Vázquez José Luis	VUL-22 CARTEL	161	Martínez Mirón Yleana Claudia	SE04-19 CARTEL	183
Macías Vázquez José Luis	VUL-28 CARTEL	162	Martínez-Paco Margarita	SE07-2	202
Macías Vázquez José Luis	VUL-29 CARTEL	162	Martínez Pedro*	SIS-13	145
Macías Vázquez José Luis	SE06-17	191	Martínez Reséndiz Emma Vanesa	SE01-2	166
Macías Vázquez José Luis	SE06-32	195	Martínez Reséndiz Emma Vanesa*	SE01-10 CARTEL	168
Maciel Rivera Addí Emanuel	GGA-19 CARTEL	80	Martínez Retama Silvia	EG-11	31
Mackern María Virginia	GEOD-7	51	Martínez Rodríguez Flor Sarahi	EG-48 CARTEL	39
Madrid Amao Silvia*	SE18-3 CARTEL	257	Martínez Sabari Evelyn Elisa*	CCA-36	23
Magaldi Adolfo	CCA-16	19	Martínez Serrano Raymundo Gerardo	GEOQP-9	93
Magaldi Adolfo*	SE03-9	175	Martínez Serrano Raymundo Gerardo	GEOQP-22 CARTEL	96
Magaña Ortega Angélica de Monserrat	SE06-18	192	Martínez Tapia Sarai*	EG-20	33
Magaña Ortega Angélica de Monserrat*	SE06-22	193	Martínez Torres Erik Emmanuel*	GEOQP-20 CARTEL	95
Magaña Torres Elizabeth	SE06-24	193	Martínez Valdés Judith Ivonne	VUL-18 CARTEL	160
Magaña Torres Elizabeth	SE06-26	194	Martínez Villegas Nadia Valentina	GGA-8	77
Magaña Torres Elizabeth	SE06-52 CARTEL	200	Martínez Yrizar Diana	AR-9	3
Magar Vanesa	OCE-11	119	Martínez Yrizar Diana	AR-15	5
Magar Vanesa*	OCE-12	119	Martínez Yrizar Diana	AR-17 CARTEL	5
Magdaleno Moncayo Dante	SE10-13	218	Martinho Paulo	SE10-45	225
Magdaleno Moncayo Dante	SE10-55 CARTEL	227	Martini Michelangelo	SE07-3	202
Magdaleno Moncayo Dante	SE10-65 CARTEL	229	Martini Michelangelo*	SE07-21	207
Magdaleno Moncayo Dante	SE10-66 CARTEL	229	Martini Michelangelo	SE07-25	208
Mahgoub Ahmed Nasser*	GEOPAL-3	84	Martini Michelangelo	SE07-29 CARTEL	209
Mahgoub Ahmed Nasser	GEOPAL-7	85	Maslo Aljaz	SE10-21	220
Mahgoub Ahmed Nasser	GEOPAL-11	86	Maslo Aljaz*	SE10-32	222
Malagón Pimentel Xani*	OCC-14	108	Masuch-Oesterreich Dirk	GEOQP-19 CARTEL	95
Maldonado Castillo Julio Cesar	GEOD-10 CARTEL	52	Mata Gutiérrez Paola Jazmín*	GET-22 CARTEL	71
Maldonado Castillo Julio Cesar*	GP-11 CARTEL	63	Matadamas Diana*	GEOH-19 CARTEL	58
Maldonado Castillo Julio Cesar	GP-12 CARTEL	63	Matadamas Diana	GEOH-20 CARTEL	58
Maldonado Castillo Julio Cesar	GEOQP-33 CARTEL	99	Mateo María Laura	GEOD-7	51
Maldonado Gilberto	CCA-18	20	Mathen Eric	OCC-24	110
Maldonado Lua Tanny*	SE06-21	192	Matías Pérez Víctor*	GP-18 CARTEL	64
Maldonado Luis	CCA-32	23	McCarty Jessica	SE16-2 CARTEL	250
Mancera Javier	SE04-14	182	McClung Heumann Emily	AR-9	3
Mancera Javier*	SE13-1	239	McClung Heumann Emily	AR-10	4
Mancilla de la Cruz Yris Laura	RN-25 CARTEL	134	McClung Heumann Emily	AR-15	5
Mancilla de la Cruz Yris Laura	SE18-2 CARTEL	257	McClung Heumann Emily*	AR-17 CARTEL	5
Manrique Cantillo Andrea Patricia*	OCE-19 CARTEL	120	McClung Heumann Emily	AR-21 CARTEL	6
Manrique Nélida	SE16-4 CARTEL	250	McClung Heumann Emily	AR-27 CARTEL	7
Manzanilla Linda	GEOPAL-3	84	McEntee Christine*	SE19-4	259
Mar-Morales Bertha	SE10-46	225	Medellín Villalobos Karla Isela	GP-15 CARTEL	64
Mares Miguel Angel	GET-5	67	Medina Israel	SE10-1	216
Marié Débora C.	GGA-16 CARTEL	79	Medina Israel*	SE10-3	216
Marié Débora C.*	GGA-21 CARTEL	81	Medina Raúl	SE10-44	225
Marín-Coria Etzaguery Janeth	OCC-17	109	Medina Romero Erik*	GET-4	66
Marín Guzmán Ana Pilar	SED-10 CARTEL	141	Medina Romero Erik*	GGA-4	76
Mariño Tapia Ismael	OCC-4	106	Medina Victor Hugo	AR-7	3
Mariño Tapia Ismael	OCC-12	108	Medrano-Amavisca Emmanuel Iván	GEOQP-4	91
Mariño Tapia Ismael	OCC-17	109	Medrano-Amavisca Emmanuel Iván	GEOQP-30 CARTEL	98
Mariño Tapia Ismael*	OCC-19	109	Medrano Jaimes Hernán Favio	SE10-43	224
Mariño Tapia Ismael	OCC-22	110	Meillón Menchaca Octavio	GET-32 CARTEL	73
Mariño Tapia Ismael	OCC-27	111	Meillón Menchaca Octavio	SE13-7	240
Mariño Tapia Ismael	SE10-3	216	Meillón Menchaca Octavio	SE13-8	240
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-29 CARTEL	149	Mejía Ambriz Julio César	FE-9	44
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-34 CARTEL	150	Mejía Ambriz Julio César	FE-13	45
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-47 CARTEL	153	Mejía Ambriz Julio César*	FE-20	46
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-50 CARTEL	153	Mejía Ambriz Julio César	FE-21 CARTEL	46
Márquez Ramírez Víctor Hugo	VUL-33 CARTEL	164	Mejía Ambriz Julio César	FE-25 CARTEL	47
Martens Uwe	SE07-10	204	Mejía Ambriz Julio César	FE-27 CARTEL	47
Martens Uwe	SE07-18	206	Mejía Ambriz Julio César	FE-31 CARTEL	48
Martí Joan	SE06-17	191	Mejía Cisneros Nohemí	RN-26 CARTEL	134
Martín-Atienza Beatriz	OCC-2	106	Mejía Cisneros Nohemí	SE04-20 CARTEL	183
Martín Barajas Arturo	GET-5	67	Mejía González Uriel Jesús*	OCC-2	106
Martín Barajas Arturo	GET-6	67	Mejía Pérez José Alfredo	MSG-15 CARTEL	103
Martín Barajas Arturo	GET-7	67	Mejía Pérez José Alfredo	VUL-26 CARTEL	162
Martín Barajas Arturo*	SED-5 CARTEL	140	Mejía Pérez José Alfredo	SE04-19 CARTEL	183
Martínez Alcalá José Antonio	OCC-2	106	Mejía Piña Karla Gabriela	SE10-50 CARTEL	226
Martínez Alcalá José Antonio*	OCE-13	119	Mejía Sámano Diana Monserrat*	CS-5	10
Martínez Bautista Karina*	GEOQP-28 CARTEL	97	Mejía Trejo Adán	OCC-11	108
Martínez Bravo Oscar Mario	CCA-3	17	Meléndez Arvizu Luis José	MSG-15 CARTEL	103
Martínez Bravo Oscar Mario	FE-2	43	Melgarejo Morales Angela*	GEOD-11 CARTEL	52
Martínez Casas Zaida*	GEOH-11	56	Membrillo-Abad Alejandra Selene*	SE06-47 CARTEL	199
Martínez Díaz Edgar Alan*	SE06-31	195	Membrillo-Abad Alejandra Selene	SE06-48 CARTEL	199
Martínez Flores Guillermo	SE13-6	240	Méndez-Barroso Luis Arturo	GEOH-18 CARTEL	58
Martínez-González José A.*	SE17-13 CARTEL	254	Méndez-Barroso Luis Arturo	OCC-38 CARTEL	113
Martínez-Jardínez Gerardo	CS-7	10	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE03-17 CARTEL	177
Martínez Jesús Daniel*	SE04-11	181	Méndez-Barroso Luis Arturo*	SE13-2	239
Martínez Leticia	CCA-32	23	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE13-4	239
Martínez López Benjamín	SE03-8	175	Méndez-Barroso Luis Arturo	SE15-4	247
Martínez López Benjamín	SE05-1	186	Méndez Delgado Sóstenes	EG-61 CARTEL	41
Martínez López Benjamín*	SE05-3	186	Méndez Delgado Sóstenes	GGA-3	76
Martínez López Benjamín	SE10-31	223	Méndez Delgado Sóstenes	GEOQP-19 CARTEL	95
Martínez López Benjamín	SE10-36	222	Méndez Delgado Sóstenes	MSG-9 CARTEL	102
Martínez Luis D.*	SIS-40 CARTEL	151	Méndez Delgado Sóstenes	RN-1	128
Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-15 CARTEL	103	Méndez Estrada Karla Margarita	RN-15	131
Martínez Mirón Yleana Claudia	VUL-26 CARTEL	162	Méndez García Carmen Grisel	GGA-25 CARTEL	82

Méndez Pérez Matías	CCA-13	19	Montero-Martínez Guillermo*	SE03-2	174
Mendiola López Irma Fabiola	CS-24 CARTEL	14	Montero-Martínez Guillermo	SE03-4	174
Mendiola López Irma Fabiola	VUL-11	158	Montero-Martínez Guillermo	SE03-5	175
Mendiola López Irma Fabiola	VUL-20 CARTEL	160	Monterrubio-Velasco Marisol*	SIS-34 CARTEL	150
Mendoza Alejandra	SE10-46	225	Montes Aréchiga Jorge M.*	OCC-33 CARTEL	112
Mendoza Alejandra	SE10-79 CARTEL	231	Montes Ivonne	SE10-9	217
Mendoza Borunda Ramón*	GET-32 CARTEL	73	Montes Ivonne	SE10-35	223
Mendoza Cantú Manuel E.	RN-24	133	Montiel López María Magdalena*	GP-16 CARTEL	64
Mendoza Carlos	SIS-21	147	Montoya-Vázquez Ana Luz	PALEO-5	124
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SIS-41 CARTEL	151	Monzón César	CCA-50 CARTEL	26
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SE04-18 CARTEL	183	Moore Frances	CCA-21	20
Mendoza Fierro María del Refugio Lourdes*	CCA-23	21	Mora Chaparro Juan Carlos*	RN-8	129
Mendoza Flores Rocío*	SE02-1	170	Mora Mauricio	VUL-14	159
Mendoza Ponce Avith	GET-29 CARTEL	73	Mora Palomino Lucy	AR-21 CARTEL	6
Mendoza-Rosas Ana Teresa*	VUL-21 CARTEL	161	Mora Palomino Lucy	CS-19 CARTEL	13
Mendoza Zeus*	SE04-9	181	Mora Palomino Lucy*	SE15-2	247
Meraz Jiménez Antonio de Jesús	SE03-13	176	Mora Palomino Lucy	SE15-4	247
Meraz Munguía Miriam A.*	AR-19 CARTEL	5	Moragas Natalia	AR-6	3
Mercado-Borrayo Bertha María	GGA-10 CARTEL	78	Moraila Valenzuela Carlos Ramón*	GEOD-8	51
Mercado Santana José Alfredo*	OCE-14	119	Moraila Valenzuela Carlos Ramón	SE06-35 CARTEL	196
Mercado Santana José Alfredo	OCE-22 CARTEL	121	Morales-Acoltzi Tomás*	SE02-5	171
Mercado Santana José Alfredo	SE10-12	218	Morales-Acoltzi Tomás*	SE02-6	171
Metcalfe Sarah	SE12-2	235	Morales Arredondo José Iván*	GEOH-15 CARTEL	57
Metcalfe Sarah*	SE14-7	244	Morales Arredondo José Iván	GGA-12 CARTEL	78
Meunier Thomas	SE10-28	221	Morales Arredondo José Iván	GGA-20 CARTEL	80
Meunier Thomas*	SE10-29	221	Morales Arredondo José Iván	GGA-22 CARTEL	81
Meza Carolina	AR-25 CARTEL	7	Morales Calixto	GEOD-6	51
Meza Carreto Jaime*	SE05-2	186	Morales Casique Eric	EG-4	29
Meza Carreto Jaime	SE10-76 CARTEL	231	Morales Casique Eric	EG-20	33
Meza-Padilla José Rafael	OCC-5	106	Morales Casique Eric	GEOH-11	56
Meza-Padilla José Rafael*	SE10-19	220	Morales Casique Eric	GEOH-12	56
Mezquitic Velázquez Miguel Ángel*	GEOH-3	54	Morales Casique Eric	GET-15	69
Michán Layla	SE06-49 CARTEL	199	Morales Casique Eric	VUL-3	156
Michel Cabrera Mari Bárbara	GP-1	61	Morales Cázares Viridiana*	GET-24 CARTEL	71
Miggins Daniel P.	VUL-4	156	Morales Gámez Miguel	GET-9	68
Mikic Zoran	FE-7	44	Morales Gámez Miguel	GET-23 CARTEL	71
Milacatl Morales Miguel Eli	MSG-15 CARTEL	103	Morales Gámez Miguel	GEOQP-25 CARTEL	97
Milián de la Cruz Ricardo Enrique*	SE07-18	206	Morales González Fernando*	GEOQP-24 CARTEL	96
Milián de la Cruz Ricardo Enrique	SE07-20	207	Morales Hernández Julio César	CCA-45 CARTEL	25
Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-11 CARTEL	52	Morales Juan	GEOPAL-2	84
Millán Motolinía Carmen	GET-31 CARTEL	73	Morales Juan	GEOPAL-4	84
Millán Motolinía Carmen	SE10-49 CARTEL	225	Morales Juan	GEOPAL-5	85
Millán Núñez Eduardo*	SE10-52 CARTEL	226	Morales Juan	GEOPAL-8	85
Millán Núñez Eduardo	SE10-54 CARTEL	227	Morales Juan	GEOPAL-13	87
Millán Núñez Roberto	OCE-14	119	Morales Juan	GEOPAL-15 CARTEL	87
Miller Lisa	CCA-53 CARTEL	27	Morales Juan	GEOPAL-16 CARTEL	87
Mina Raúl	SE17-13 CARTEL	254	Morales Juan	GEOPAL-18 CARTEL	88
Miquelajauregui Yosune	CCA-38	24	Morales Juan	GEOPAL-21 CARTEL	88
Mirabal Gómez Uriel	SE10-11	218	Morales Juan	SE14-9 CARTEL	244
Mirabal Gómez Uriel*	SE10-12	218	Morales Montalvo Sebastian	MSG-15 CARTEL	103
Miranda Avilés Raúl	GGA-6	77	Morales Nandin Gretha Paola	PALEO-12 CARTEL	125
Miranda Avilés Raúl	GGA-11 CARTEL	78	Morales Pérez Rubén Antelmo	SE13-6	240
Miranda Cordero Rafael*	SE02-7	171	Morales Puente Pedro	AR-22 CARTEL	6
Miranda Javier	CCA-32	23	Morales Puente Pedro	AR-26 CARTEL	7
Miranda Javier	CCA-51 CARTEL	26	Morales Puente Pedro	GEOH-14	57
Miranda Salcido Carlos Humberto	FE-13	45	Morales Puente Pedro	GEOH-16 CARTEL	57
Miranda Salcido Carlos Humberto	FE-17	45	Morales Puente Pedro	SE14-2	243
Mireles Salcedo Camilo	AR-5	3	Morales Sara	SE10-1	216
Mireles-loera Omar Ignacio	OCC-18	109	Morales Sara	SE10-3	216
Moguel Ordoñez Yolanda	CCA-49 CARTEL	26	Morán-Ramírez Janete	GEOH-8	55
Mojica-Acosta Manuel Alejandro	FE-25 CARTEL	47	Morales Vázquez Luis Efraín*	SE10-31	222
Molina-Garza Roberto Stanley	EG-1	29	Morales Vázquez Luis Efraín	SE10-36	223
Molina-Garza Roberto Stanley*	SE07-1	202	Moreno-Bedmar Josep Anton*	PALEO-3	123
Molina-Garza Roberto Stanley	SE07-5	203	Moreno García Juan José*	GET-17 CARTEL	70
Molina-Garza Roberto Stanley	SE07-26	208	Morgan Joanna	GEOPAL-1	84
Molina-Garza Roberto Stanley	SE07-31 CARTEL	209	Mori Laura	GEOQP-6	92
Molinari Daniela A.	GGA-7	77	Mortera Gutiérrez Carlos A.	GET-2	66
Molines Jean-Marc	SE10-37	223	Mortera Gutiérrez Carlos A.	GET-31 CARTEL	73
Molodtsov Sergey*	SE10-59 CARTEL	228	Mortera Gutiérrez Carlos A.	SIS-51 CARTEL	153
Monier Castillo Alejandro*	PALEO-4	123	Mortera Gutiérrez Carlos A.*	SE10-49 CARTEL	225
Monier Castillo Alejandro	PALEO-5	124	Mota Gómez Jesús	EG-28	35
Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe	GEOD-3	50	Moulin Aimie*	SE10-39	223
Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe*	GEOD-4	50	Moulin Aimie	SE10-40	224
Monreal Gómez María Adela	OCE-8	118	Muñiz Jáuregui Jesús Arturo	SE06-50 CARTEL	200
Monreal Gómez María Adela	OCE-16	120	Muñoz Anderson Mauricio	SE10-2	216
Monreal Gómez María Adela	OCE-17 CARTEL	120	Muñoz García María Fernanda*	GGA-13 CARTEL	79
Monreal Gómez María Adela	OCE-21 CARTEL	121	Muñoz Torres María Carolina	GGA-13 CARTEL	79
Monreal Rogelio*	SE07-17	206	Muñoz Torres María Carolina	SE01-6	167
Monroy-Martínez José Dolores	SE02-6	171	Muñoz Torres María Carolina	SE04-3	179
Monsiváis Durón Denisse Alejandra*	GET-18 CARTEL	70	Muñoz Torres María Carolina	SE04-17 CARTEL	182
Monsiváis Durón Denisse Alejandra	GET-20 CARTEL	70	Muñoz Torres María Carolina	SE18-1 CARTEL	257
Monstein Christian	FE-13	45	Muñoz-Villers Lyssette Elena	SE15-3	247
Montalvo-Arrieta Juan C.	SIS-40 CARTEL	151	Murawski Steven A.	SE10-16	219
Montaño Moctezuma Gabriela	OCC-36 CARTEL	113	Murillo-Jiménez Janette M.	OCC-20	110
Montelongo-Flores Michel Yadira	RN-39 CARTEL	137	Murillo-Muñetón Gustavo	SED-1 CARTEL	139

Murillo Tovar Mario Alfonso*	CCA-19	20	Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto*	SE07-2	202
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-5	189	Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	SE07-26	208
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-10	190	Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	SE07-27 CARTEL	209
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-18	192	Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-29	112
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-22	193	Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-44 CARTEL	114
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-40 CARTEL	197	Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-6	118
Nájera Blas Sergio Manuel*	SE06-41 CARTEL	197	Ocampo Torres Francisco Javier	SE10-5	216
Nájera Blas Sergio Manuel	SE06-50 CARTEL	200	Ocampo Torres Francisco Javier	SE10-39	223
Nakano Genta	SIS-35 CARTEL	150	Ocampo Torres Francisco Javier	SE10-40	224
Nava Alejandro	SIS-15	146	Ocampo Torres Francisco Javier*	SE10-42	224
Nava Alejandro	VUL-14	159	Ocampo Torres Francisco Javier	SE10-48	225
Nava Araceli	SE04-22 CARTEL	184	Ocampo Torres Francisco Javier	SE10-70 CARTEL	230
Nava-Arsola Nadia Edith*	CS-6	10	Ochoa Moya Carlos Abraham	CCA-46 CARTEL	25
Nava Cruz Rosa Angeles	AR-5	3	Ochoa Moya Carlos Abraham*	SE03-7	175
Nava Fernández Cinthya	SE14-4	243	Ochoa Moya Carlos Abraham	SE03-18 CARTEL	177
Nava Flores Mauricio*	EG-29	35	Ochoa Moya Carlos Abraham	SE05-1	186
Nava Flores Mauricio	SE17-1	252	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-28	221
Nava Flores Mauricio	SE17-5	253	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-29	221
Nava Sánchez Enrique Hiparco	OCC-20	110	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-33	222
Nava Sánchez Enrique Hiparco	RN-38 CARTEL	137	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-53 CARTEL	226
Nava Sánchez Enrique Hiparco	SE13-6	240	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-61 CARTEL	228
Navarro Cárdenas Alejandra de Jesús*	VUL-31 CARTEL	163	Ochoa de la Torre José Luis	SE10-63 CARTEL	228
Navarro Estrada Fernando	SE04-18 CARTEL	183	Ohlmann Carter	SE10-25	221
Navarro-Estupiñán Javier*	RN-12	130	Ohlmann Carter	SE10-26	221
Navarro González Rafael	SE09-6	213	Ojeda Lerma Zuleica*	SE03-14	176
Navarro Olache Luis Felipe	OCE-10	119	Ojeda Macedo Hatziri Aileen*	SE06-10	190
Navarro Olache Luis Felipe	SE10-38	223	Ojeda Macedo Hatziri Aileen	SE06-41 CARTEL	197
Navarro René*	SE10-70 CARTEL	230	Olascoaga María Josefina*	SE10-15	219
Negrete-Aranda Raquel	GET-3	66	Olascoaga María Josefina	SE10-60 CARTEL	228
Negrete Cadena Rocío	EG-3	29	Olguín Martínez María Guadalupe	SE06-25	193
Negrón Mendoza Alicia*	SE09-1	212	Oliva-Gutiérrez Marco Antonio*	MSG-10 CARTEL	102
Negrón Mendoza Alicia*	SE09-2	212	Olivares Palomares Ángel Bruno	EG-42 CARTEL	38
Negrón Mendoza Alicia	SE09-3	212	Olivares Palomares Ángel Bruno*	SIS-44 CARTEL	152
Negrón Mendoza Alicia	SE09-4	212	Olivares Pedro	SE06-38 CARTEL	197
Negrón Mendoza Alicia	SE09-5	212	Oliver Ocaño Francisco Miguel*	SE06-29	194
Negrón Mendoza Alicia	SE09-9 CARTEL	213	Olivos-Ortiz Aramis*	OCC-15	108
Negrón Mendoza Alicia	SE09-10 CARTEL	213	Olmedo Cristina*	RN-5	129
Nelle Oliver	GEOPAL-8	85	Olmedo Velázquez Paola Anahí*	RN-34 CARTEL	136
Nieblas-Piquero Juan Manuel*	SE10-27	221	Olmos-Moya Paulina	GET-10	68
Nieto Butron Mario Arturo	MSG-11 CARTEL	102	Olmos Navarrete Luis Rafael	SE06-10	190
Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-4	66	Olmos Navarrete Luis Rafael	SE06-20	192
Nieto Samaniego Ángel Francisco*	GET-10	68	Olvera García Emmanuel*	SE06-6	189
Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-28 CARTEL	72	Olvera García Emmanuel	SE06-23	189
Nieto Samaniego Ángel Francisco	GGA-4	76	Ordoñez Librado Oscar	GEOH-16 CARTEL	57
Nieto Samaniego Ángel Francisco	SIS-7	144	Ordoñez Pérez Paulina	CCA-20	20
Nieto Samaniego Ángel Francisco	SE04-5	180	Oregel Luis	SE06-39 CARTEL	197
Nieto Torres Amiel	RN-23	133	Oropeza-Alfaro Pavel*	SE10-72 CARTEL	230
Nieves-Chinchilla Teresa	FE-3	43	Oropeza Fernando	OCE-1	117
Nieves-Chinchilla Teresa*	SE19-6	259	Oropeza Fernando	SE10-45	225
Niño Gutiérrez Maribel	GEOD-2	50	Orozco Esquivel María Teresa	GEOQP-18 CARTEL	95
Niño Leonardo*	VUL-16 CARTEL	159	Orozco Esquivel María Teresa*	GEOQP-32 CARTEL	98
Nishimura Takuya	SIS-22	147	Orozco Esquivel María Teresa	SE01-2	166
Noren Anders	SE14-7	244	Orozco Esquivel María Teresa	SE01-9 CARTEL	168
Norini Gianluca	SE06-3	188	Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel	EG-13	31
Novelo Casanova David Alberto	RN-10	130	Ortega-Flores Berlaíne*	SE07-22	207
Novelo Casanova David Alberto	RN-14	131	Ortega-Flores Berlaíne	SE07-25	208
Novelo Casanova David Alberto	RN-15	131	Ortega-Flores Berlaíne	SE07-29 CARTEL	209
Novelo Casanova David Alberto	RN-16	131	Ortega Guerrero Beatriz	EG-46 CARTEL	38
Novelo Casanova David Alberto*	RN-17	131	Ortega Guerrero Beatriz	SE12-1	235
Novelo Casanova David Alberto	RN-29 CARTEL	135	Ortega Gutiérrez Fernando	GET-26 CARTEL	72
Novelo Casanova David Alberto	RN-34 CARTEL	136	Ortega Gutiérrez Fernando	GEOQP-16 CARTEL	94
Nowaczyk Norbert R.	SE14-8 CARTEL	244	Ortega Gutiérrez Fernando	SE09-9 CARTEL	213
Noyola Medrano Cristina	VUL-4	156	Ortega Gutiérrez Fernando	SE09-10 CARTEL	213
Noyola Medrano Cristina	VUL-25 CARTEL	162	Ortega Obregón Carlos	SE07-16	206
Núñez Cornú Francisco Javier	GEOD-7	51	Ortega Obregón Carlos	SE07-20	207
Núñez Cornú Francisco Javier	RN-30 CARTEL	135	Ortega-Olmos Jessica	EG-13	31
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-18	146	Ortega-Rivera Amabel	SE07-21	207
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-27 CARTEL	148	Ortega Roberto*	SIS-1	143
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-39 CARTEL	151	Ortega-Tenorio Patricia	SE10-16	219
Núñez Cornú Francisco Javier	SE06-31	195	Ortega-Tenorio Patricia	SE10-69 CARTEL	230
Núñez Cornú Francisco Javier	SE06-34 CARTEL	196	Ortega Veronica	GEOPAL-4	84
Núñez Cornú Francisco Javier	SE06-35 CARTEL	196	Ortiz Alemán José Carlos	EG-13	31
Núñez Cornú Francisco Javier	SE06-36 CARTEL	196	Ortiz Alemán José Carlos*	EG-31	35
Núñez Corrales Andrea Alejandra	CS-25 CARTEL	14	Ortiz Butrón Agustín*	AR-6	3
Núñez Escribano Diana	SIS-18	146	Ortiz Butrón Agustín	AR-7	3
Núñez Escribano Diana	SIS-39 CARTEL	151	Ortiz Butrón Agustín	AR-18 CARTEL	5
Núñez Escribano Diana	SE06-36 CARTEL	196	Ortiz Figueroa Modesto	OCE-18 CARTEL	120
Núñez Fernández Tihui*	OCC-4	106	Ortiz Figueroa Modesto	SIS-54 CARTEL	154
Núñez Peralta Marco Antonio	SE02-1	170	Ortiz Huerta Laura Gabriela*	SIS-54 CARTEL	154
Obeso Cortez Griselda Janeth*	RN-33 CARTEL	135	Ortiz Osio Manuel*	SE04-13	182
Obeso Cortez Griselda Janeth	RN-36 CARTEL	136	Ortiz Osio Manuel	SE17-2	252
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-6	107	Ortiz Osio Manuel	SE17-4	252
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCE-7	118	Ortiz Quintero Eleazar	SE04-22 CARTEL	184
Obeso-Nieblas Maclovio	OCE-9	118	Ortuño Chanelo Stephany	AR-24 CARTEL	6
Obregón Pérez Alma Virginia	SE04-22 CARTEL	184	Ortuño Chanelo Stephany*	EG-49 CARTEL	39

Ortuño María	SIS-4	143	Paz-Pérez Alberto	SE01-4	166
Osorio Afanador Diego Alberto*	SE07-31 CARTEL	209	Pecci Alessandra	AR-6	3
Osorio María del Carmen Jovana	AR-28 CARTEL	7	Pech-Pool Daniel	SE10-8	217
Osorio-Moreno Iliana	SE10-1	216	Pedraza-Díaz Angélica*	SE10-63 CARTEL	228
Osorio-Moreno Iliana	SE10-3	216	Pedraza-Díaz Angélica	SE10-77 CARTEL	231
Osorio Santiago Erick	EG-2	29	Pedraza-Díaz Lucía	SE10-63 CARTEL	228
Osorio Santiago Erick*	EG-6	30	Pedraza-Díaz Lucía	SE10-76 CARTEL	231
Osorio Santiago Erick*	EG-15	32	Pedraza-Rodríguez Valeria*	RN-39 CARTEL	137
Osorio Santiago Erick*	EG-37 CARTEL	37	Pedrazzi Dario	VUL-4	156
Osorio Santiago Erick	GP-2	61	Peiffer Loic	SE01-7	167
Osorio Santiago Erick	GP-16 CARTEL	64	Peiffer Loic	SE06-3	188
Osorio Santiago Erick	GP-17 CARTEL	64	Peiffer Loic*	SE06-25	193
Osorio-Tai María Elena	SE05-2	186	Peiffer Loic	SE13-7	240
Osorio-Tai María Elena	SE10-44	225	Peláez Daniel	SE10-42	224
Osorio-Tai María Elena	SE10-73 CARTEL	230	Peláez José Antonio	SIS-27 CARTEL	148
Osorio-Tai María Elena	SE10-75 CARTEL	231	Peña Alonso Tomás*	GET-34 CARTEL	74
Osorio-Tai María Elena	SE10-76 CARTEL	231	Peña Alonso Tomás	SIS-50 CARTEL	153
Osorio-Tai María Elena	SE10-77 CARTEL	231	Peña Aurquía Orlando*	CCA-46 CARTEL	25
Osorio-Tai María Elena*	SE10-78 CARTEL	231	Peña Cheng Lourdes Magdalena	SE18-1 CARTEL	257
Osorno-Covarrubias Francisco Javier	SE04-7	180	Peña García Laura Elizabeth	GEPAL-21 CARTEL	88
Ostrooomov Mikhail*	AR-1	2	Peña Gaspar Valeria	SE17-2	252
Ostrooomov Mikhail	SE14-5	243	Peña Gaspar Valeria	SE17-4	252
Osuna Pedro	OCE-6	118	Peña Gaspar Valeria	SE17-7	253
Osuna Pedro	SE10-39	223	Peña Gaspar Valeria*	SE17-11 CARTEL	254
Osuna Pedro*	SE10-40	224	Peña Gaspar Valeria	SE17-12 CARTEL	254
Osuna Pedro	SE10-42	224	Peña Maciel Daniel*	GGA-23 CARTEL	81
Osuna Pedro	SE10-70 CARTEL	230	Peña Maciel Daniel*	SE02-3	170
Otero Trujano Francisco Javier	AR-26 CARTEL	7	Peña-Vázquez Luis	SE07-7	203
Otero Trujano Francisco Javier	GEOH-16 CARTEL	57	Penduff Thierry	SE10-37	223
Otero Trujano Francisco Javier	SE12-10 CARTEL	237	Perea Héctor	SIS-4	143
Ovando Efraín	EG-54 CARTEL	40	Pereira Alberto	CS-2	9
Oviedo-García Angélica	RN-39 CARTEL	137	Pereyra-Castro Karla*	CCA-30	22
P. Bento Joaquim	EG-5	29	Pérez Alanis Carlos Arturo*	FE-3	43
P. Bento Joaquim	EG-36 CARTEL	36	Pérez Arguello Fernando*	EG-38 CARTEL	37
Pacheco-Castro Adolfo	SE07-15	205	Pérez Brunius Paula	SE10-14	218
Pacheco Enrique	SE10-5	216	Pérez Brunius Paula	SE10-26	221
Pacheco Karim*	SIS-24	148	Pérez Brunius Paula	SE10-33	222
Pacheco Martínez Jesús	GGA-2	76	Pérez Brunius Paula	SE10-48	225
Pacheco Martínez Jesús*	RN-20	132	Pérez Brunius Paula	SE10-56 CARTEL	227
Pacheco Valdovinos Pedro Martín	RN-18	132	Pérez Brunius Paula	SE10-57 CARTEL	227
Pacheco Valdovinos Pedro Martín	RN-35 CARTEL	136	Pérez Brunius Paula	SE10-58 CARTEL	227
Padilla Lafarga Andrea Alejandra*	SE06-35 CARTEL	196	Pérez Brunius Paula	SE10-59 CARTEL	228
Padilla Santiago	GGA-25 CARTEL	82	Pérez Brunius Paula	SE10-61 CARTEL	228
Palacios Hernández Emilio	OCC-30 CARTEL	112	Pérez Calderón Daniel	GET-2	66
Palacios Hernández Emilio	OCC-31 CARTEL	112	Pérez Calderón Daniel	GET-31 CARTEL	73
Palafox Reyes Juan José	PALEO-1	123	Pérez-Campos Xyoli*	SIS-14	146
Palafox Reyes Juan José	PALEO-9 CARTEL	125	Pérez-Campos Xyoli	SIS-17	146
Palafox Reyes Juan José	SED-3 CARTEL	139	Pérez-Campos Xyoli	SIS-23	147
Páll Hersir Gylfi	SE06-12	190	Pérez-Campos Xyoli	SIS-37 CARTEL	150
Pallàs Sanz Enric*	SE10-25	221	Pérez-Campos Xyoli	SIS-40 CARTEL	151
Pallàs Sanz Enric	SE10-26	221	Pérez-Campos Xyoli	SIS-41 CARTEL	151
Pallàs Sanz Enric	SE10-28	221	Pérez-Campos Xyoli*	SE04-18 CARTEL	183
Pallàs Sanz Enric	SE10-29	221	Pérez Canché Jorge Alberto*	OCC-3	106
Pallàs Sanz Enric	SE10-30	222	Pérez-Crespo Víctor Adrián	AR-22 CARTEL	6
Palma-Ramírez Arturo	PALEO-4	123	Pérez-Crespo Víctor Adrián*	PALEO-7	124
Palma-Ramírez Arturo*	PALEO-5	124	Pérez-Cruz Ligia	GEPAL-1	84
Palomque Jiménez Jocelin*	SIS-28 CARTEL	148	Pérez-Cruz Ligia	SE04-9	181
Pantoja González Diego Armando	OCC-18	109	Pérez-Cruz Ligia	SE11-2	233
Pantoja González Diego Armando*	OCC-31 CARTEL	112	Pérez-Cruz Ligia	SE12-3	235
Pantoja González Diego Armando	OCC-33 CARTEL	112	Pérez-Cruz Ligia*	SE12-4	235
Pantoja González Diego Armando	OCC-37 CARTEL	113	Pérez-Cruz Ligia	SE12-5	236
Pantoja González Diego Armando	OCE-19 CARTEL	120	Pérez-Cruz Ligia	SE12-6	236
Pantoja Ortiz Samantha	SE04-21 CARTEL	183	Pérez-Cruz Ligia	SE12-8 CARTEL	236
Pantoja Ortiz Samantha	SE10-44	225	Pérez Enríquez Roman*	FE-8	44
Pardo Pedrote Ignacio Ari-Zhaell	RN-11	130	Pérez Enríquez Roman	FE-10	44
Paredes Arriaga Alejandro*	GEPAL-23 CARTEL	89	Pérez Enríquez Roman	GEPAL-10	86
Paredes Arriaga Alejandro*	SE09-4	212	Pérez Flores Marco Antonio	EG-30	35
Parés Sierra Alejandro	CCA-5	17	Pérez Flores Marco Antonio	EG-44 CARTEL	38
Parés Sierra Alejandro	OCE-2	117	Pérez Flores Marco Antonio	EG-60 CARTEL	41
Parés Sierra Alejandro	SE10-6	217	Pérez Flores Marco Antonio	SE06-29	194
Parés Sierra Alejandro	SE10-22	220	Pérez González Elizabeth	GET-31 CARTEL	73
Park Jungjae	SE14-8 CARTEL	244	Pérez González Elizabeth	SE10-49 CARTEL	225
Parolari Mattia	SE07-23	208	Pérez Gutiérrez Rodrigo	VUL-31 CARTEL	163
Parra-Guevara David	SE02-3	170	Pérez Gutiérrez Rosalva	RN-11	130
Parra-Guevara David*	SE02-4	170	Pérez Jesús	SIS-14	146
Parra Santiago Francisco Jesús*	GP-1	61	Pérez Jesús	SE04-18 CARTEL	183
Parrot Jean Francois*	SE13-3	239	Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel	SIS-8	144
Participantes del Proyecto P-01 CeMIEGeo	SE06-2	188	Pérez Leal Wendy Guadalupe	SE10-52 CARTEL	226
Pascual Ramírez Fermín	CS-5	10	Pérez Leal Wendy Guadalupe*	SE10-54 CARTEL	227
Pasqueron de Fommervault Orens	SE10-7	217	Pérez-Márquez Raúl	SE04-12	181
Pavía López Edgar Gerardo	SE05-4	186	Pérez Martínez Patricia*	AR-4	2
Pavía Rubén*	CCA-16	19	Pérez Martínez Patricia*	AR-20 CARTEL	6
Pavía Rubén	CCA-18	20	Pérez Monzón David*	CCA-3	17
Pavón-Carrasco Francisco Javier	GEPAL-3	84	Pérez Morga Nancy*	CCA-48 CARTEL	26
Pavón-Carrasco Francisco Javier	GEPAL-13	87	Pérez Orozco Juan Daniel*	GEOQP-10	93

Pérez Orozco Juan Daniel	VUL-19 CARTEL	160	Puy y Alquiza María Jesús	GGA-11 CARTEL	78
Pérez Peña Luisa Cristina	SE04-20 CARTEL	183	Quevedo-Coronado Ana Lizbeth	GET-9	68
Pérez Rivera Marco Antonio*	FE-24 CARTEL	47	Quijano-Scheggia Sonia Isabel	OCC-15	108
Pérez Segura Efrén	EG-11	31	Quintana Erika	CCA-32	23
Pérez-Tijerina Eduardo	FE-12	45	Quintana Patricia	CS-15 CARTEL	12
Pérez Venzor José Antonio*	GEOQP-8	92	Quintana Rodríguez Juan Antonio	GEOD-1	50
Pérez Venzor José Antonio	SED-4 CARTEL	139	Quintanar Arturo	SE03-7	175
Pérez Venzor José Antonio	SED-6 CARTEL	140	Quintanar Arturo	SE03-18 CARTEL	177
Pérez Venzor José Antonio	SED-8 CARTEL	140	Quintanar Luis	SIS-14	146
Pérez Venzor José Antonio	VUL-2	156	Quintanilla Terminel José Gerardo*	SE10-10	217
Pérez Venzor José Antonio	SE18-3 CARTEL	257	Quintanilla Zurita Alejandra*	OCE-18 CARTEL	120
Pérez Venzor Juan de Dios	GET-19 CARTEL	70	Quintero Gradilla Shatya	CS-16 CARTEL	12
Pérez Venzor Juan de Dios	GEOQP-14	94	Quintero Gradilla Shatya	CS-21 CARTEL	13
Pérez Venzor Juan de Dios	GEOQP-15	94	Quinteros Cartaya Claudia Beatriz	SIS-18	146
Pérez Villatoro Carlos Eduardo	CCA-25	21	Quinteros Cartaya Claudia Beatriz	SE06-36 CARTEL	196
Pérez-Yáñez Citlali*	RN-7	129	Quinto-Sánchez Mrisha	SE17-10 CARTEL	254
Pérez Zárate Daniel	SE06-24	193	Quiroz Suárez Diego	SE04-22 CARTEL	184
Pérez Zárate Daniel	SE06-26	194	Quiroz Suárez Diego*	SE17-10 CARTEL	254
Pérez Zárate Daniel*	SE06-52 CARTEL	200	Rábade Santiago	RN-7	129
Pérez-de los Cobos M. Clara de Lacy	GEOD-8	51	Rábade Santiago	SIS-44 CARTEL	152
Perton Mathieu*	SIS-12	145	Rabinovich Alexander B.	SIS-53 CARTEL	154
Perton Mathieu	VUL-11	158	Raga Graciela	CCA-32	23
Perton Mathieu	SE06-39 CARTEL	197	Ramírez Aguilar María Isabel	OCE-18 CARTEL	120
Peters Edward	SE10-48	225	Ramírez Altamirano Yessica Lizbeth*	OCC-35 CARTEL	113
Petri Christof	CCA-18	20	Ramírez Briones José Henri	GEOH-4	54
Picos Peraza Emily	SED-6 CARTEL	140	Ramírez-Chávez Juan Manuel	PALEO-4	123
Pilatowsky Gruner Raiza*	SE04-16	182	Ramírez Corcino José Manuel*	RN-11	130
Pilatowsky Gruner Raiza	SE16-1 CARTEL	250	Ramírez Díaz Zyanya	CCA-53 CARTEL	27
Piña-Flores José*	EG-52 CARTEL	39	Ramírez-Fernández Juan Alonso	GEOQP-19 CARTEL	95
Piña-Flores José*	SE17-5	253	Ramírez Gustavo	AR-3	2
Pinales Munguía Adán*	GEOH-2	54	Ramírez Guzmán Alejandro	GEOH-17 CARTEL	58
Pinales Munguía Adán	GEOH-3	54	Ramírez Guzmán Ángel Andrés*	RN-9	130
Pineda-León Roberto	SE10-44	225	Ramírez Guzmán Ángel Andrés	RN-18	132
Pineda-León Roberto	SE10-75 CARTEL	231	Ramírez Guzmán Ángel Andrés	RN-35 CARTEL	136
Pineda-León Roberto*	SE10-76 CARTEL	231	Ramírez Guzmán Leonardo	RN-7	129
Pineda-León Roberto	SE10-77 CARTEL	231	Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-13	145
Pineda-León Roberto	SE10-78 CARTEL	231	Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-14	146
Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-10	18	Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-44 CARTEL	152
Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-13	19	Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-48 CARTEL	153
Pineda Martínez Luis Felipe*	CCA-31	22	Ramírez-Herrera María Teresa	SIS-56 CARTEL	154
Pinon Grégory	OCE-12	119	Ramírez Javier Juan Carlos	GEOH-17 CARTEL	58
Pintado José Carlos	OCC-19	109	Ramírez-León Mario Rafael	SE10-17	219
Pita Sllim Olivia D.	SIS-14	146	Ramírez-León Mario Rafael*	SE10-18	219
Plata Hernández Elvia	SED-6 CARTEL	140	Ramírez López Ana Karen*	CCA-28	22
Plata Hernández Elvia*	SED-8 CARTEL	140	Ramírez López Elsa Marcela	SE03-13	176
Plata Rocha Wenseslao	GEOD-5	50	Ramírez Luna Angel*	AR-12	4
Pola Villaseñor Antonio	RN-9	130	Ramírez Mendoza Rafael	OCE-18 CARTEL	120
Pola Villaseñor Antonio	RN-18	132	Ramírez-Mendoza Zurisaday*	SE10-17	219
Pola Villaseñor Antonio*	RN-35 CARTEL	136	Ramírez-Mendoza Zurisaday	SE10-18	219
Pola Villaseñor Antonio	SE06-10	190	Ramírez Mora Emilio Leonardo	CCA-41 CARTEL	24
Pola Villaseñor Antonio	SE06-17	191	Ramírez Nunez Carolina	SE13-3	239
Polanco Arias Claudia*	OCC-12	108	Ramírez Pacheco Carlos	FE-11	44
Ponce Lancho Epifanio	CCA-3	17	Ramírez Peña César Francisco	GET-11	68
Ponce Núñez Francisco	GET-31 CARTEL	73	Ramírez Peña César Francisco	GET-12	68
Ponce Pacheco Alejandro*	GP-17 CARTEL	64	Ramírez Peña César Francisco*	GET-13	69
Ponce Pacheco Ana Bertha P.*	RN-14	131	Ramírez Peña César Francisco	GET-21 CARTEL	71
Ponce Pacheco Ana Bertha P.	RN-15	131	Ramírez Peña César Francisco	GET-22 CARTEL	71
Ponce Pacheco Ana Bertha P.	RN-17	131	Ramírez Peña César Francisco	SE07-8	203
Portela Esther	SE10-28	221	Ramírez Peña César Francisco	SE07-12	205
Portela Esther	SE10-29	221	Ramírez Pérez Quetzalcóatl	SE14-11 CARTEL	245
Pötl Christopher	AR-2	2	Ramírez Ramírez Margarita	GGA-6	77
Prado Hernández Víctor	CS-5	10	Ramírez Ramírez Margarita*	GGA-11 CARTEL	78
Prado Pano Blanca	CS-19 CARTEL	13	Ramírez Reyes Argel	SE16-1 CARTEL	250
Prado Pano Blanca	SE15-1	247	Ramírez Rodríguez F. T. Azul U.*	AR-9	3
Prado Pano Blanca	SE15-2	247	Ramírez Rodríguez F. T. Azul U.*	AR-18 CARTEL	5
Prado Pano Blanca	SE15-5	248	Ramírez Romero María Carolina*	CCA-51 CARTEL	26
Prasanajit Naik Sambit	GET-29 CARTEL	73	Ramírez Salazar Anthony*	SE04-4	179
Preisner Luis	FE-28 CARTEL	47	Ramírez Serrano Edgar Iván	OCC-40 CARTEL	114
Pretelín-Ramos José Daniel*	SE03-4	174	Ramírez Serrato Nelly Lucero*	RN-25 CARTEL	134
Priyadarsi Roy	SE14-9 CARTEL	244	Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE18-2 CARTEL	257
Proenza Joaquín A.	SE07-19	207	Ramírez Zerpa Nestor Ali*	GET-8	67
Prol Ledesma Rosa María	EG-9	30	Ramón Márquez Víctor Manuel*	GET-31 CARTEL	73
Prol Ledesma Rosa María	SE06-1	188	Ramón Márquez Víctor Manuel	SE10-49 CARTEL	225
Prol Ledesma Rosa María*	SE06-2	188	Ramonet Michel	SE03-15	176
Prol Ledesma Rosa María	SE06-16	191	Ramos Bernal Sergio	SE09-1	212
Prol Ledesma Rosa María	SE06-24	193	Ramos Bernal Sergio	SE09-2	212
Prol Ledesma Rosa María	SE06-26	194	Ramos Bernal Sergio	SE09-3	212
Prol Ledesma Rosa María	SE06-30	195	Ramos Bernal Sergio	SE09-5	212
Prol Ledesma Rosa María	SE06-33 CARTEL	195	Ramos Hernández Silvia Guadalupe	VUL-9	158
Prol Ledesma Rosa María	SE06-42 CARTEL	198	Ramos Leal José Alfredo	EG-25	34
Prol Ledesma Rosa María	SE06-47 CARTEL	199	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-1	54
Prol Ledesma Rosa María	SE06-48 CARTEL	199	Ramos Leal José Alfredo*	GEOH-8	55
Prol Ledesma Rosa María	SE06-52 CARTEL	200	Ramos Leal José Alfredo	RN-21	133
Pulster Erin	SE10-16	219	Ramos-Ledezma Andrés	GEOQP-19 CARTEL	95
Punzo José Luis	AR-3	2	Ramos Pérez Daniel*	GGA-9 CARTEL	78

Ramos Pérez Daniel*	GGA-10 CARTEL	78	Robles Camacho Javier	OCC-13	108
Ramos Pineda Raydel*	SED-9 CARTEL	141	Robles Miguel Angel	CCA-18	20
Ramos Rodríguez José Alejandro	CS-10 CARTEL	11	Robles Miguel Angel*	SE03-19 CARTEL	177
Ramos Rodríguez José Alejandro	CS-14 CARTEL	12	Robles Miguel Angel*	SE04-21 CARTEL	183
Ramos Rodríguez José Alejandro*	CCA-12	19	Robles-Morua Agustín	GEOH-18 CARTEL	58
Ramos Rosique Aldo*	GEOQP-6	92	Robles-Morua Agustín	RN-12	130
Ramos Rosique Aldo	GEOQP-23 CARTEL	96	Robles-Morua Agustín	SE03-17 CARTEL	177
Ramos Velázquez Ernesto*	RN-2	128	Robles-Morua Agustín	SE13-2	239
Rangel Escobar Eliseo	EG-26	34	Robles-Morua Agustín	SE15-4	247
Rangel Granados Elizabeth	SE04-1	179	Robles Muñoz Daniel	CCA-15	19
Rangel Jiménez Patricia	SE03-13	176	Robles Muñoz Daniel*	SE10-74 CARTEL	231
Rapalini Augusto	GEOPAL-5	85	Robles Pereznegrón Miranda*	SE06-40 CARTEL	197
Rasclé Nicolas*	OCC-34 CARTEL	112	Robles Pereznegrón Miranda	SE06-50 CARTEL	200
Rasclé Nicolas	OCE-6	118	Robles Ramos Helene Daneth	SED-10 CARTEL	141
Rasclé Nicolas	SE10-39	223	Robock Alan*	CCA-6	17
Real Pérez Jorge Arturo*	SIS-52 CARTEL	154	Robock Alan*	SE19-3	259
Rebecchi Marco	VUL-6	157	Rocha Carrillo José Alberto	EG-15	32
Rebollo Tapia Abraham Raymundo	EG-25	34	Rocha-Díaz Franco Antonio*	OCE-8	118
Rebollo Tapia Abraham Raymundo	SE06-12	190	Rodríguez Baudelio	CCA-31	22
Rebollo Tapia Abraham Raymundo*	SE06-51 CARTEL	200	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE06-16	191
Regnier Stephane	FE-6	43	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE06-24	193
Reimer López Carl Michael Sune	SIS-26 CARTEL	148	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE06-26	194
Rendón González Jesús Rolando*	EG-59 CARTEL	41	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE06-42 CARTEL	198
Rendón Vázquez Liliana	CCA-25	21	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE06-52 CARTEL	200
Rentería Ortega Ana Victoria	GGA-19 CARTEL	80	Rodríguez-Elizarrarás Sergio Raúl	GET-30 CARTEL	73
Retama Armando	SE03-7	175	Rodríguez Erick Jonathan*	OCE-5	118
Retama Armando	SE03-18 CARTEL	177	Rodríguez Espinosa Diana	SE16-4 CARTEL	250
Reyes Agustín Gabriela	GEOQP-7	92	Rodríguez Gómez José Olegario*	GET-21 CARTEL	71
Reyes Armella Marcos Alejandro	AR-20 CARTEL	6	Rodríguez González Marta Paola*	CCA-47 CARTEL	25
Reyes Cárdenas Oscar	GEOD-2	50	Rodríguez José Luis*	GET-16	69
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GET-19 CARTEL	70	Rodríguez-Martínez Juan Manuel	SIS-42 CARTEL	151
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-4	91	Rodríguez Martínez Mario	FE-9	44
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-14	94	Rodríguez Martínez Mario	FE-19	46
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso*	GEOQP-15	94	Rodríguez Miguel	EG-53 CARTEL	39
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-30 CARTEL	98	Rodríguez Miguel	EG-54 CARTEL	40
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	RN-32 CARTEL	135	Rodríguez Miguel	SIS-14	146
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	RN-39 CARTEL	137	Rodríguez Miguez Jessica	AR-20 CARTEL	6
Reyes Ezequiel	OCE-9	118	Rodríguez Monica	AR-21 CARTEL	6
Reyes Ezequiel	SE04-6	180	Rodríguez Osorio Daniel*	SE18-4 CARTEL	257
Reyes Hernández Cristóbal*	OCC-16	109	Rodríguez Outerelo Javier	SE10-14	218
Reyes Hernández Mariana*	GP-5	61	Rodríguez Outerelo Javier*	SE10-57 CARTEL	227
Reyes López Delfino	CS-5	10	Rodríguez Outerelo Javier	SE10-58 CARTEL	227
Reyes Marín Pedro Alberto	FE-20	46	Rodríguez Pérez Erandi Tzayani*	SE12-2	235
Reyes Marín Pedro Alberto*	FE-21 CARTEL	46	Rodríguez-Pérez Qetzalcóatl	SIS-34 CARTEL	150
Reyes Marisol	AR-3	2	Rodríguez Pineda José Alfredo	GEOH-3	54
Reyes Marisol	AR-26 CARTEL	7	Rodríguez Rasilla Iván	SIS-14	146
Reyes Martín Lorena*	SIS-45 CARTEL	152	Rodríguez Rodríguez Lidia Iris	AR-14	4
Reyes Mendoza Oscar	OCC-13	108	Rodríguez-Saavedra Pedro	GEOQP-19 CARTEL	95
Reyes Mendoza Oscar	OCC-25	111	Rodríguez Salazar María Teresa de Jesús	SE06-52 CARTEL	200
Reyes Montoya Dulce Raquel*	PALEO-1	123	Rodríguez Sedano Luis Ángel	VUL-7	157
Reyes Montoya Dulce Raquel	SED-3 CARTEL	139	Rodríguez Sedano Luis Ángel	VUL-8	157
Riestra Ernesto	SE04-12	181	Rodríguez Vega Antonio	CS-9 CARTEL	11
Riley Pete*	FE-7	44	Rodríguez Vega Antonio	EG-7	30
Ríos Vázquez Ameyalli	SE04-1	179	Rodríguez Vega Antonio	GET-17 CARTEL	70
Rivas David	OCC-7	107	Rodríguez Vega Antonio	GEOQP-24 CARTEL	96
Rivas Nieto Carlos Alberto Pedro	SIS-5	144	Rodríguez Zas José Alejandro*	CCA-35	23
Rivas Salinas Raúl Alexis*	CS-10 CARTEL	11	Rojas H. Rodrigo	EG-54 CARTEL	40
Rivas Salinas Raúl Alexis	CS-14 CARTEL	12	Rojas-Robles Nidia	CS-18 CARTEL	13
Rivera Ana Leonor	CCA-20	20	Rojas Villalobos Hugo Luis	GEOH-9	56
Rivera Ana Leonor*	SE09-3	212	Rojas Vivas José Alfredo*	SE09-6	213
Rivera Ana Leonor	SE09-4	212	Roldán Carvajal Mateo*	OCC-43 CARTEL	114
Rivera Ana Leonor	SE09-5	212	Roldán-Quintana Jaime	GET-16	69
Rivera Avila Roberto Carlos*	EG-42 CARTEL	38	Roldán-Quintana Jaime	GEOQP-22 CARTEL	96
Rivera Caicedo Juan Pablo	OCC-9	107	Roldán-Quintana Jaime*	VUL-1	156
Rivera Caicedo Juan Pablo	SE10-5	216	Román Villareal Ricardo Alexander	PALEO-11 CARTEL	125
Rivera Claudia	CCA-18	20	Romero Arteaga Angélica María*	OCC-7	107
Rivera Claudia	SE03-14	176	Romero Arteaga Angélica María	SE10-24	220
Rivera Díaz Miguel Agustín	SE15-6	248	Romero Arteaga Angélica María	SE10-62 CARTEL	228
Rivera García Gerardo Damián	SE04-1	179	Romero Bautista Alejandro	CS-5	10
Rivera González Adrián*	SE07-30 CARTEL	209	Romero-Centeno Rosario	CCA-15	19
Rivera-González Iran Irais*	AR-10	4	Romero-Centeno Rosario	SE05-2	186
Rivera-González Iran Irais*	AR-22 CARTEL	6	Romero-Centeno Rosario*	SE10-44	225
Rivera-González Iran Irais	AR-27 CARTEL	7	Romero-Centeno Rosario	SE10-47	225
Rivera Lemus Erick	OCE-11	119	Romero-Centeno Rosario	SE10-73 CARTEL	230
Rivera-Martínez Saulo Leonardo	SE10-44	225	Romero-Centeno Rosario	SE10-74 CARTEL	231
Rivera-Martínez Saulo Leonardo*	SE10-75 CARTEL	231	Romero-Centeno Rosario	SE10-76 CARTEL	231
Rivera-Martínez Saulo Leonardo	SE10-76 CARTEL	231	Romero-Centeno Rosario	SE10-77 CARTEL	231
Rivera-Martínez Saulo Leonardo	SE10-77 CARTEL	231	Romero-Centeno Rosario	SE10-78 CARTEL	231
Rivera-Martínez Saulo Leonardo	SE10-78 CARTEL	231	Romero Espejel Héctor	SE04-20 CARTEL	183
Rivera Olivia	SE03-7	175	Romero Francisco Martín	CS-6	10
Rivera Olivia	SE03-18 CARTEL	177	Romero Francisco Martín	CS-7	10
Robayo Robayo David*	SIS-32 CARTEL	149	Romero Francisco Martín	GGA-9 CARTEL	78
Robidoux Philippe	VUL-10	158	Romero Francisco Martín	GGA-10 CARTEL	78
Robledo-Ortiz Claudia Iris	SE04-5	180	Romero Francisco Martín	GGA-20 CARTEL	80
Robles Camacho Jasinto	VUL-22 CARTEL	161	Romero Hernández Esmeralda	FE-9	44

Romero Hernández Esmeralda	FE-12	45	Salinas Prieto José Antonio	CCA-2	17
Romero Hernández Esmeralda	FE-25 CARTEL	47	Sallago Patricia	FE-1	43
Romero Hernández Esmeralda	FE-29 CARTEL	47	Sanabria Gómez Jose David	MSG-14 CARTEL	103
Romero Leonel	SE10-25	221	Sánchez Andrade Abner Isai	SE06-12	190
Romero Leonel*	SE10-26	221	Sánchez Andrade Abner Isai	SE06-51 CARTEL	200
Romero Oscar M.	MSG-9 CARTEL	102	Sánchez-Beristain Francisco	GEOQP-1	91
Romero Rodríguez Deisy Alejandra*	OCC-9	107	Sánchez Bernardino Basilio	SE03-1	174
Romo-Curiel Alfonsina	SE10-17	219	Sánchez-Bettucci Leda*	GEOPAL-5	85
Romo-Curiel Alfonsina	SE10-18	219	Sánchez-Cabeza Joan Albert	SE12-7	236
Romo Jones José Manuel	EG-44 CARTEL	38	Sánchez Díaz Silvia	CCA-41 CARTEL	24
Romo Jones José Manuel	FE-10	44	Sánchez Emanuel	OCC-19	109
Romo Jones José Manuel	SE06-12	190	Sánchez Galindo Alfredo	MSG-11 CARTEL	102
Romo Jones José Manuel	SE06-13	190	Sánchez García Dulce Valeria*	SIS-25 CARTEL	148
Romo Jones José Manuel	SE06-29	194	Sánchez-García Elsa*	FE-4	43
Romo Jones José Manuel	SE06-30	195	Sánchez Gómez Rubén*	CCA-41 CARTEL	24
Romo Jones José Manuel	SE06-49 CARTEL	199	Sánchez Gómez Rubén	CCA-45 CARTEL	25
Romo Jones José Manuel	SE06-51 CARTEL	200	Sánchez-González Jesús	EG-29	35
Romo Manuel	EG-28	35	Sánchez-González Jesús	SE17-3	252
Romo de Vivar Alfonso	AR-3	2	Sánchez-González Jesús	SE17-5	253
Romo de Vivar Alfonso	AR-26 CARTEL	7	Sánchez-González Jesús	SE17-7	253
Ronquillo Méndez Argelia*	SE10-43	224	Sánchez-González Jesús*	SE17-8	253
Rosado Alejandro	SE04-10	181	Sánchez-González Jesús	SE17-13 CARTEL	254
Rosado Torres Arlett Astrid*	OCC-22	110	Sánchez González María de Jesús*	GEOPAL-20 CARTEL	88
Rosales-Lagarde Laura	SE14-2	243	Sánchez Herrera J. Roberto Amadeo	SIS-36 CARTEL	150
Rosales Yoendris*	CCA-22	20	Sánchez-Luna María*	SE16-2 CARTEL	250
Rosas-Elguera José	GEOPAL-16 CARTEL	87	Sánchez Maribel*	EG-23	34
Rosas-Elguera José	GEOPAL-17 CARTEL	87	Sánchez Martínez Alejandra Ixchel	EG-27	35
Rosas-Elguera José	GEOPAL-18 CARTEL	88	Sánchez Martínez Alejandra Ixchel	EG-47 CARTEL	38
Rosas Irma	CCA-32	23	Sánchez Mejía Zulia	OCC-38 CARTEL	113
Rosas Josue Nahun	VUL-26 CARTEL	162	Sánchez Navarro Teresita	SE07-6	203
Rosas Pulido Marco Antonio*	PALEO-14 CARTEL	126	Sánchez-Núñez Juan Manuel	RN-27 CARTEL	134
Rosas Rosales Perla Sagrario	SE04-19 CARTEL	183	Sánchez-Núñez Juan Manuel*	RN-28 CARTEL	134
Rosas Sánchez Daniel	CCA-51 CARTEL	26	Sánchez-Núñez Juan Manuel	VUL-29 CARTEL	162
Rowe Charlotte	SE06-36 CARTEL	196	Sánchez-Núñez Juan Manuel	SE06-17	191
Roy Priyadarsi	EG-23	34	Sánchez Osvaldo	SE06-33 CARTEL	195
Rozanes Valenzuela Daniel Atreyu*	SE03-10	175	Sánchez Ramírez Abraham Roberto	EG-53 CARTEL	39
Rubi Vite Eric*	EG-10	31	Sánchez Ramos Marco Antonio	SE18-1 CARTEL	257
Rubio Arellano Ana Beatriz*	MSG-3	101	Sánchez Rico Gisela	SED-10 CARTEL	141
Rubio Jiménez Carlos Alberto	GGA-11 CARTEL	78	Sánchez Robles Citlali	OCE-22 CARTEL	121
Ruiz Aguilar Diego*	SE06-13	190	Sánchez Rufo	CS-2	9
Ruiz Aguilar Diego*	SE06-30	195	Sánchez Sáenz Carlos Ignacio	OCC-43 CARTEL	114
Ruiz Angulo Angel	CCA-29	22	Sánchez-Sesma Francisco José	EG-52 CARTEL	39
Ruiz Angulo Angel	SE10-28	221	Sánchez-Sesma Francisco José	SE17-5	253
Ruiz Angulo Angel	SE10-29	221	Sánchez Velasco Laura	OCE-5	118
Ruiz Arriaga Daniel	SE07-9	204	Sánchez Velasco Laura	OCE-15	120
Ruiz-Arriaga Daniel	SE07-10	204	Sánchez-Zavala José Luis	EG-23	34
Ruiz-Arriaga Daniel	SE07-12	205	Sandoval-Aguilar Maritza	CS-18 CARTEL	13
Ruiz Barajas Sandra*	SIS-46 CARTEL	152	Sandoval Gil José Miguel	OCC-11	108
Ruiz Fernández Ana Carolina	SE12-7	236	Sandoval Héctor	RN-7	129
Ruiz Hernández Oliver Isac	FE-2	43	Sandoval Hernández Erika*	SE10-61 CARTEL	228
Ruiz Joaquín*	SE19-1	259	Sandoval Hernández Juan Manuel	GEOD-7	51
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-7	107	Sandoval Hernández Juan Manuel	SE06-36 CARTEL	196
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-21	110	Sandoval-Ochoa José Héctor*	SE04-2	179
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-23	110	Sandoval-Ochoa José Héctor*	SE16-3 CARTEL	250
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-32 CARTEL	112	Sandoval Quintana Osiris	AR-24 CARTEL	6
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-39 CARTEL	113	Sandoval Quintana Osiris*	CS-12 CARTEL	11
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE10-23	220	Sandoval Rangel Andres	SE10-38	223
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia*	SE10-24	220	Santamaria del Ángel Eduardo	OCC-10	107
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia*	SE10-51 CARTEL	226	Santamaria del Ángel Eduardo	OCC-35 CARTEL	113
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE10-62 CARTEL	228	Santamaria del Ángel Eduardo	OCE-14	119
Saavedra Matta Johana	SE10-38	223	Santana Silva Alicia	GGA-9 CARTEL	78
Sáenz-Pita Rebeca	PALEO-4	123	Santes Garrido Nestor David	EG-26	34
Sáenz-Pita Rebeca	PALEO-5	124	Santiago-Bautista Jorge Alberto	SE07-17	206
Sagahón Torres Ángel Oswaldo*	EG-44 CARTEL	38	Santillán Piña Noé	GP-7	62
Salas Ariza Jessica Jazmín*	SE06-49 CARTEL	199	Santoyo Castelazo Edgar	GGA-1	76
Salas Barrena Citlali	SE04-4	179	Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-2	143
Salas Corrales José Luis*	EG-25	34	Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SIS-3	143
Salas Corrales José Luis	SE06-12	190	Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-46 CARTEL	152
Salas Corrales José Luis	SE06-51 CARTEL	200	Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-49 CARTEL	153
Salas de León David Alberto	OCE-8	118	Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SE11-4 CARTEL	233
Salas de León David Alberto	OCE-16	120	Santoyo Gutiérrez Edgar Rolando	GGA-1	76
Salas de León David Alberto	OCE-17 CARTEL	120	Sarabia González Alejandro	EG-29	35
Salas de León David Alberto	OCE-21 CARTEL	121	Sarabia González Alejandro	SE17-5	253
Salazar González Carolina	GEOH-9	56	Sarocchi Damiano	VUL-7	157
Salazar Hollman	GEOH-9	56	Sarocchi Damiano	VUL-8	157
Salazar Ledesma Maricarmen*	SE15-1	247	Sarychikhina Olga*	GEOH-7	55
Salazar Peña Leobardo	SIS-20	147	Sarychikhina Olga*	SIS-38 CARTEL	150
Salazar Peña Leobardo	SIS-28 CARTEL	148	Saucedo Girón Ricardo	RN-27 CARTEL	134
Salazar Peña Leobardo*	SE04-20 CARTEL	183	Saucedo Girón Ricardo	RN-28 CARTEL	134
Salazar Rojas Teresa	GEOPAL-21 CARTEL	88	Saucedo Girón Ricardo	SE07-2	202
Saldana Bencomo Jesus	SE10-38	223	Saul Solís Sergio	GEOH-9	56
Saldaña-Ruiz Luz Erandi	SE10-17	219	Sawires Rashad*	SIS-27 CARTEL	148
Saldarriaga Noreña Hugo Albeiro	CCA-19	20	Sawires Rashad	SE06-31	195
Saldivar-Nieto Edgar Josué	GEOQP-15	94	Schaaf Peter	AR-12	4
Salinas Eva	CCA-32	23	Schaaf Peter	PALEO-7	124

Schiller Rafael*	OCE-1	117	Solís Pichardo Gabriela	PALEO-7	124
Schwenicke Tobias	GEOQP-8	92	Solís Rosales Corina	GGA-25 CARTEL	82
Schwenicke Tobias	SED-4 CARTEL	139	Solleiro Rebolledo Elizabeth*	AR-8	3
Schwenicke Tobias*	SED-6 CARTEL	140	Solleiro Rebolledo Elizabeth*	CS-1	9
Schwenicke Tobias	SED-8 CARTEL	140	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-23 CARTEL	14
Schwenicke Tobias	VUL-2	156	Solorio Magaña Guillermo*	SE06-36 CARTEL	196
Sedov Sergey	AR-8	3	Soria Caballero Diana Cinthia	GET-29 CARTEL	73
Sedov Sergey	AR-10	4	Sosa-Ceballos Giovanni	GEOPAL-9	86
Sedov Sergey	AR-11	4	Sosa-Ceballos Giovanni*	GEOQP-7	92
Sedov Sergey	CS-1	9	Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-10	93
Sedov Sergey	CS-7	10	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-5	157
Sedov Sergey	CS-23 CARTEL	14	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-11	158
Sein Dmitry	SE05-3	186	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-19 CARTEL	160
Sein Dmitry	SE10-36	223	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-22 CARTEL	161
Sereno Villaseñor Hugo Ivan*	RN-18	132	Sosa-Ceballos Giovanni	SE06-15	191
Sergeeva Maria	FE-9	44	Sosa-Ceballos Giovanni	SE06-17	191
Sergeeva Maria	FE-25 CARTEL	47	Sosa-Ceballos Giovanni	SE06-32	195
Serna Bafún José Helios*	GET-25 CARTEL	72	Sosa Gutiérrez Elva Rosmary*	SE10-30	222
Serra Puche Mari Carmen	GEOPAL-15 CARTEL	87	Sosa Islas Antonio Salvador	GGA-14 CARTEL	79
Serrano-Candela Fidel	CCA-38	24	Sosa-Nishizaki Oscar	SE10-17	219
Sesatty Sandoval Jesús Javier	GET-17 CARTEL	70	Sosa-Nishizaki Oscar	SE10-18	219
Sharma Rahul	FE-6	43	Soto Herrera Andrés Mauricio	RN-35 CARTEL	136
Sheinbaum Julio	SE10-4	216	Soto Mardones Luis	SE10-5	216
Sheinbaum Julio	SE10-7	217	Soto Villalobos Roberto	EG-59 CARTEL	41
Sheinbaum Julio	SE10-21	220	Soto Villalobos Roberto	GP-9 CARTEL	62
Sheinbaum Julio	SE10-33	222	Soto Villalobos Roberto	GP-15 CARTEL	64
Sheinbaum Julio	SE10-37	223	Soto Villalobos Roberto	MSG-9 CARTEL	102
Sheinbaum Julio*	SE10-48	225	Sour Tovar Francisco	PALEO-10 CARTEL	125
Shelyag Sergiy	FE-6	43	Spelz-Madero Ronald	GET-3	66
Sidón Ceseña Karla	SE10-13	218	Spelz-Madero Ronald	GET-8	67
Sidón Ceseña Karla*	SE10-55 CARTEL	227	Spelz-Madero Ronald	GET-33 CARTEL	74
Siebe Christina	SE15-5	248	Spica Zack	SIS-12	145
Siebe Claus	GEOPAL-3	84	Sproson Dave	SE10-45	225
Sieck Pascal*	GEOQP-11	93	Stock Joann	GET-7	67
Sieron Katrin	SIS-41 CARTEL	151	Stock Joann	SED-5 CARTEL	140
Sierra-Rojas María Isabel*	SE07-5	203	Stockli Daniel	SE07-10	204
Sierra-Rojas María Isabel	SE07-18	206	Stockli Daniel	SE07-11	204
Sifeddine Abdelfettah	SE12-3	235	Stockli Daniel	SE07-12	205
Sifeddine Abdelfettah*	SE12-6	236	Straffon Alejandra*	CCA-1	17
Silis Esquivel Jhoanna	RN-26 CARTEL	134	Stremme Wolfgang	CCA-16	19
Silis Esquivel Jhoanna*	SED-10 CARTEL	141	Stremme Wolfgang*	CCA-18	20
Silliker Jason	GEOD-6	51	Stremme Wolfgang	SE03-3	174
Silva Alberto*	MSG-14 CARTEL	103	Stremme Wolfgang	SE03-14	176
Silva-Corona J. Jesús*	SE04-3	179	Stremme Wolfgang	SE03-15	176
Silva-Corona J. Jesús	SE18-1 CARTEL	257	Stremme Wolfgang	SE03-16 CARTEL	176
Silva Cuauhtemoc	SE04-21 CARTEL	183	Suárez Arriaga Mario César*	SE06-8	189
Silva Fragoso Argelia*	SE01-8	167	Suárez Morales Eduardo	SE10-53 CARTEL	226
Silva-García José Teodoro	RN-6	129	Suárez Plascencia Carlos	RN-30 CARTEL	135
Silva Hidalgo Humberto	GEOH-2	54	Suárez Reynoso Gerardo	RN-17	131
Silva Margarita	GET-34 CARTEL	74	Sudre Joel	SE10-9	217
Silva Peña Nadia Elvira*	EG-11	31	Sudre Joel	SE10-35	223
Silva Quiroz Rafael*	CCA-20	20	Suñe-Puchol Iván	VUL-4	156
Silva Romo Gilberto	GEOQP-6	92	Tago Pacheco Josué	MSG-14 CARTEL	103
Silvan-Cárdenas José Luis	SE17-10 CARTEL	254	Tago Pacheco Josué	SIS-6	144
Simón Velázquez David*	EG-19	33	Tago Pacheco Josué*	SIS-22	147
Simpson Kyle	CCA-53 CARTEL	27	Tago Pacheco Josué	SE17-9 CARTEL	253
Singh Sandeep	SIS-16	146	Talavera Mendoza Oscar	GEOH-17 CARTEL	58
Singh Shri Krishna	SIS-16	146	Talavera Mendoza Oscar	SE07-2	202
Singh Shri Krishna	SIS-41 CARTEL	151	Tanahara Sorayda	OCC-2	106
Skiba Iouri	SE02-2	170	Tanahara Sorayda	SE10-9	217
Skiba Iouri*	SE02-8	171	Tanahara Sorayda	SE10-35	223
Smith Rosemary	OCE-1	117	Tapia Everardo	AR-3	2
Smith Rosemary	SE10-45	225	Tapia Everardo	AR-26 CARTEL	7
Snyder Susan	SE10-16	219	Tapia Vázquez Francisco*	FE-16	45
Solana-Arellano Elena	OCE-3	117	Taquet Noemie	CCA-18	20
Solano Bahena René*	EG-14	32	Tassi Franco	VUL-10	158
Solano Bahena René	EG-35 CARTEL	36	Taylor Roberto	SE18-4 CARTEL	257
Solano Ericka Alinne*	SIS-17	146	Tejada Cristian	RN-7	129
Solari Luigi Augusto	SE07-6	203	Tejero Andrés	EG-58 CARTEL	41
Solari Luigi Augusto	SE07-10	204	Tejero Andrés	MSG-4	101
Solari Luigi Augusto	SE07-11	204	Tejero Andrés	SE04-13	182
Solari Luigi Augusto	SE07-18	206	Tejero Andrés	SE17-1	252
Solari Luigi Augusto	SE07-20	207	Tejero Andrés	SE17-7	253
Solari Luigi Augusto*	SE07-25	208	Tejero Andrés	SE17-8	253
Solari Luigi Augusto	SE07-29 CARTEL	209	Téllez San Agustín Luis David	EG-50 CARTEL	39
Solé Viñas Jesús	GEOQP-9	93	Téllez Velázquez Gabriela*	GET-6	67
Soler Arechalde Ana María	AR-13	4	Téllez Vizcaíno Roberto H.*	VUL-6	157
Soler Arechalde Ana María*	AR-28 CARTEL	7	Téllez de la Cruz Oscar Alexis	SE04-19 CARTEL	183
Soler Arechalde Ana María	GEOPAL-15 CARTEL	87	Tenorio Fernández Leonardo	OCC-8	107
Soler Arechalde Ana María*	SE04-10	181	Tenorio Fernández Leonardo	OCE-15	120
Solís Garces Alejandra*	GP-8	62	Tenreiro Miguel*	SE10-28	221
Solís Marín Francisco Alonso	PALEO-8	124	Tenreiro Miguel	SE10-29	221
Solís Marín Francisco Alonso	PALEO-14 CARTEL	126	Tereshchenko Iryna	CCA-40 CARTEL	24
Solís-Nava Ana Laura	SIS-47 CARTEL	153	Tereshchenko Iryna*	CCA-50 CARTEL	26
Solís Pichardo Gabriela	GEOQP-9	93	Tereshchenko Iryna	OCC-18	109

Tereshchenko Iryna	OCC-33 CARTEL	112	Valle-Levinson Arnoldo*	SE19-7	260
Terrazas Mata Alejandro	AR-11	4	Vallejo Hernández Diego	GEOQP-29 CARTEL	98
Tezkan Bülent	SE06-30	195	Varden Chris	GEOQP-32 CARTEL	98
Thomson Richard	SIS-53 CARTEL	154	Vargas Bracamontes Dulce*	VUL-14	159
Tienda Garza Jaime Antonio*	GEOQP-2	91	Vargas Contreras Gerardo Alfredo*	MSG-5	101
Tikoo Sonia	GEOPAL-1	84	Vargas-Cordero Iván	EG-5	29
Tinivella Umberta	EG-5	29	Vargas-Cordero Iván*	EG-36 CARTEL	36
Tinivella Umberta	EG-36 CARTEL	36	Vargas-Cordero Iván	RN-31 CARTEL	135
Tinoco Arturo*	FE-28 CARTEL	47	Vargas Eliana*	EG-60 CARTEL	41
Tokovinine Alexandre	SE14-1	243	Vargas García Diana	SE04-22 CARTEL	184
Tolentino Dante	OCC-24	110	Vargas-Pineda Sonia*	SE14-10 CARTEL	245
Tolson Gustavo	GET-14	69	Vargas Sánchez Marlene*	RN-19	132
Tonche Ramos Javier Agustín	GEOH-2	54	Vargas Taracena Abel*	EG-57 CARTEL	40
Torres Dueñas Cristina Lizbeth	GP-15 CARTEL	64	Vargas Terminel Martha	CS-18 CARTEL	13
Torres Fernández Lucía*	RN-13	131	Vargas Terminel Martha	SE15-6	248
Torres Gaytán David Ernesto	EG-28	35	Vasquez Serrano Alberto*	GET-14	69
Torres Gaytán David Ernesto*	VUL-17 CARTEL	160	Vasquez Serrano Alberto*	GET-15	69
Torres Gloria	GEOPAL-4	84	Vasquez Serrano Alberto	VUL-3	156
Torres González Ernesto	PALEO-11 CARTEL	125	Vasquez Serrano Alberto	SE04-1	179
Torres González Jorge Alejandro	SE03-13	176	Vázquez-Aguirre Jorge Luis	SE03-4	174
Torres-Hernández José Ramón	AR-2	2	Vázquez-Bader Ana Rosa	SE10-16	219
Torres-Hernández José Ramón*	GET-9	68	Vázquez Báez Víctor Manuel	CCA-3	17
Torres-Hernández José Ramón	PALEO-7	124	Vázquez Báez Víctor Manuel	FE-1	43
Torres Jardón Ricardo	SE03-13	176	Vázquez Báez Víctor Manuel	FE-2	43
Torres Jurado Emilio*	GEOQP-25 CARTEL	97	Vázquez Báez Víctor Manuel	MSG-3	101
Torres Martínez Miguel Angel	PALEO-2	123	Vázquez Báez Víctor Manuel	SIS-25 CARTEL	148
Torres Martínez Miguel Angel*	PALEO-10 CARTEL	125	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-1	50
Torres-Orozco Ernesto	OCC-40 CARTEL	114	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-9 CARTEL	51
Torres-Orozco Ernesto	SE04-6	180	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-11 CARTEL	52
Torres Orozco Rafael	SE04-1	179	Vázquez Cruz Gustavo	CCA-25	21
Torres Sánchez Darío	GEOQP-5	92	Vázquez Espinosa de los Monteros Diana Marisol	SIS-20	147
Torres-Sánchez Sonia Alejandra	SE07-2	202	Vázquez González Rogelio	GEOH-7	55
Torres Sarmiento José de Jesús*	EG-45 CARTEL	38	Vázquez González Rogelio	SIS-38 CARTEL	150
Torres Trejo Edgardo	SE02-11 CARTEL	172	Vázquez Jorge	OCE-4	117
Torres Velázquez Itzayana	RN-18	132	Vázquez Larquet Ricardo	SIS-44 CARTEL	152
Torres Vera Marco Antonio	SE06-1	188	Vázquez Morales Williams*	CCA-25	21
Tovar Castillo Erick	SE06-38 CARTEL	197	Vázquez Ontiveros Jesús René*	GEOD-1	50
Tranquilino Espinoza Carla Gisela	VUL-7	157	Vázquez Rodríguez Oscar	FE-1	43
Trasviña Castro Armando*	OCC-1	106	Vázquez Salazar Michelle	SE07-6	203
Trasviña Castro Armando	SE13-7	240	Vázquez Salgado Astrid Armeayalli	GGA-20 CARTEL	80
Trejo Gómez Elizabeth	GEOD-7	51	Vázquez Sánchez Raúl	MSG-15 CARTEL	103
Treviño-Rodríguez Froylán	GET-11	68	Vázquez Sánchez Raúl	VUL-26 CARTEL	162
Treviño-Rodríguez Froylán	GET-12	68	Vázquez Sánchez Raúl	SE04-19 CARTEL	183
Treviño-Rodríguez Froylán	SE07-8	203	Vega Francisco J.*	SE07-14	205
Tristán González Margarito	GET-9	68	Vega-González Marina	SE04-17 CARTEL	182
Tristán González Margarito	GET-24 CARTEL	71	Vega Granillo Ricardo	EG-11	31
Tristán González Margarito	GET-25 CARTEL	72	Vega Puga Masuly	SE03-17 CARTEL	177
Tseng Z. Jack	SE07-15	205	Vega Puga Masuly	SE15-6	248
Turrent Cuauhtémoc	SE10-46	225	Vega Ruiz Sandra	SE06-7	189
Turrent Cuauhtémoc*	SE10-79 CARTEL	231	Vega Ruiz Sandra*	SE06-11	190
Tuxpan Vargas José	CCA-9	18	Vegas Néstor	GEOPAL-2	84
Tuxpan Vargas José	CCA-22	20	Vela Daniel	CS-1	9
Tuxpan Vargas José	GEOH-1	54	Velasco Aaron	MSG-12 CARTEL	103
Tuxpan Vargas José	RN-21	133	Velasco Aaron*	SIS-37 CARTEL	150
Tuxpan Vargas José	RN-22	133	Velasco-Hernández María de los Ángeles	SE02-5	171
Ulloa Marco	SE10-28	221	Velasco Miranda Juan Manuel	SIS-48 CARTEL	153
Unidad de Instrumentación Sísmica	SIS-14	146	Velasco Silvano Daniel	VUL-9	158
Unkel Ingmar	GEOPAL-8	85	Velasco Tapia Fernando	GET-34 CARTEL	74
Urias Espinosa Jaime	GET-31 CARTEL	73	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-19 CARTEL	95
Urias Lugo Angel Daniel	CS-10 CARTEL	11	Velasco Villarreal Miriam*	GEOPAL-19 CARTEL	88
Urias Lugo Angel Daniel*	CS-14 CARTEL	12	Velázquez-Aguilar Mauricio Omar*	SE12-3	235
Urrutia Fucugauchi Jaime*	GEOPAL-1	84	Velázquez Bucio Mará Magdalena	GET-29 CARTEL	73
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-4	84	Velázquez Cazares Alejandra	GEOH-3	54
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-9	86	Velázquez Juárez Daniel Arturo	EG-28	35
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-15 CARTEL	87	Velázquez-Rosas Noé	CS-3	9
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-19 CARTEL	88	Velázquez Ruiz Antonio	CCA-45 CARTEL	25
Urrutia Fucugauchi Jaime	SE04-9	181	Velueta Zapata Vianey	SIS-28 CARTEL	148
Urrutia Fucugauchi Jaime*	SE11-2	233	Ventura Houle René	GEOH-5	55
Urrutia Fucugauchi Jaime	SE12-4	235	Ventura Marroquin Julia Isabel	SE04-19 CARTEL	183
Urrutia Fucugauchi Jaime*	SE12-5	236	Vera González David Antonio	EG-45 CARTEL	38
Valderrama Membrillo Sergio*	SIS-30 CARTEL	149	Vera Naranjo María Belén	AR-16	5
Valderrama Membrillo Sergio*	VUL-27 CARTEL	162	Vera Norberto*	MSG-1	101
Valdés Cárdenas Felipe de Jesús*	SE07-28 CARTEL	209	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo	OCC-15	108
Valdés Galicia José Francisco*	FE-14	45	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo*	OCC-40 CARTEL	114
Valdés González Carlos Miguel*	SIS-20	147	Verduzco-Zapata Manuel Gerardo	OCC-41 CARTEL	114
Valdés Gutiérrez Dionicio Alejandro	PALEO-11 CARTEL	125	Vergara-Huerta Filiberto*	EG-40 CARTEL	37
Valdés Jorge	SE12-6	236	Vergara Huerta Misael*	CS-17 CARTEL	12
Valdés-Moreno Beatriz*	EG-30	35	Verma Sanjeet Kumar*	GEOQP-5	92
Valdivia Julio	SE09-5	212	Verma Sanjeet Kumar	GEOQP-20 CARTEL	95
Valdivieso Ojeda Jacob Alberto	SE10-50 CARTEL	226	Verma Surendra Pal	GEOQP-5	92
Valencia-Gasti J. Augusto	SE10-2	216	Verth Gary	FE-6	43
Valencia Gasti Jose Augusto*	SE10-64 CARTEL	229	Victoria Peregrino Karina	SE04-1	179
Valencia Martínez Jorge	SE10-38	223	Vidal Aldana Cinthya Isabel*	AR-29 CARTEL	7
Valera Pérez Miguel Angel	SE02-11 CARTEL	172	Vidal García Martín	SE17-1	252
Valladares Karla	CS-11 CARTEL	11	Vidal García Martín	SE17-2	252

Vidal García Martín	SE17-8	253	Zanor Gabriela A.	GGA-6	77
Vidal May María Fernanda*	RN-26 CARTEL	134	Zapata Martínez Ángel	SE07-6	203
Vidal Nieves Carlos	OCC-11	108	Zapata Norberto Berenice*	GEOH-12	56
Vidal-Ruiz Jesús Adrián*	OCC-21	110	Zaragoza Campillo Ana Gabriela*	RN-23	133
Viera Juárez Estefanía Monserrat	SIS-20	147	Zárate Jessica	SE10-28	221
Villa-Guerrero Arantxa	SE10-76 CARTEL	231	Zárate-López Javier	PALEO-4	123
Villa Montes Ana Daniela	SIS-20	147	Zárate Valdez José Luis	SE13-2	239
Villafuerte Urbina Carlos David	SIS-6	144	Zárate Valdez José Luis	SE13-4	239
Villafuerte Urbina Carlos David	SIS-22	147	Zárate del Valle Pedro Faustino*	GEOPAL-8	85
Villalobos Escobar Gina	GET-34 CARTEL	74	Zárate del Valle Pedro Faustino	SE14-9 CARTEL	244
Villalobos Escobar Gina*	SIS-50 CARTEL	153	Zarazúa-Carbajal María Cristina	VUL-12	158
Villalobos Luevanos Ernesto Jesús*	GP-6	62	Zarraluqui Víctor*	CCA-24	21
Villalobos Luevanos Ernesto Jesús*	GP-14 CARTEL	63	Zavala Gutiérrez Noel*	SIS-8	144
Villamichel Lemus José Eduardo	SE06-38 CARTEL	197	Zavala Gutiérrez Noel	SIS-9	145
Villanueva Carmen Alitzel	RN-18	132	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-1	17
Villanueva Díaz José	SE14-4	243	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-15	19
Villanueva Estrada Ruth Esther*	GEOH-16 CARTEL	57	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-37	24
Villanueva Hernández Pablo	FE-13	45	Zavala-Hidalgo Jorge	OCE-20 CARTEL	121
Villanueva Hernández Pablo	FE-20	46	Zavala-Hidalgo Jorge	SE04-21 CARTEL	183
Villanueva Hernández Pablo	FE-21 CARTEL	46	Zavala-Hidalgo Jorge	SE05-2	186
Villanueva Hernández Pablo	FE-30 CARTEL	48	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-27	221
Villanueva Hernández Pablo*	FE-31 CARTEL	48	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-31	222
Villanueva Hernández Pablo	FE-32 CARTEL	48	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-34	222
Villanueva Ismael	SE10-79 CARTEL	231	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-36	223
Villar-Muñoz Lucía*	EG-5	29	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-41	224
Villar-Muñoz Lucía	EG-36 CARTEL	36	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-44	225
Villar-Muñoz Lucía	RN-31 CARTEL	135	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-47	225
Villarreal Enrique	SE13-1	239	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-63 CARTEL	228
Villarreal Pérez Zamira	GP-11 CARTEL	63	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-71 CARTEL	230
Villarreal Pérez Zamira	GP-12 CARTEL	63	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-72 CARTEL	230
Villarreal Pérez Zamira	GEOQP-33 CARTEL	99	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-73 CARTEL	230
Villaseñor Reyes Cecilia Irene*	RN-22	133	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-74 CARTEL	231
Ville Benavides Rodrigo	SE04-1	179	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-75 CARTEL	231
Villela y Mendoza Almendra*	EG-27	35	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-76 CARTEL	231
Villela y Mendoza Almendra	EG-47 CARTEL	38	Zavala-Hidalgo Jorge*	SE10-77 CARTEL	231
Villcaña Adrián	SE10-28	221	Zavala-Hidalgo Jorge	SE10-78 CARTEL	231
Viñas-Vallverdú Ramón	AR-22 CARTEL	6	Zavala Monsiváis Aurora	SED-2 CARTEL	139
Viveros Ramírez Daniel*	RN-1	128	Zavala Monsiváis Aurora	SE07-4	202
Vivoni Enrique	RN-12	130	Zavala-Romero Olmo	SE03-9	175
Vivoni Enrique	SE03-17 CARTEL	177	Zavala-Romero Olmo	SE04-21 CARTEL	183
Vizuite Jaramillo Efrain Eduardo*	SE15-4	247	Zavala-Romero Olmo	SE10-44	225
Vlemmings Wouter	FE-16	45	Zavala-Romero Olmo	SE10-47	225
Wahl David*	SE14-1	243	Zazueta Ixchel	SE10-44	225
Walle García Otoniel*	MSG-9 CARTEL	102	Zenteno Jiménez José Roberto*	SE02-9 CARTEL	171
Wang Xiaoming	SE07-15	205	Zenteno Jiménez José Roberto	SE04-20 CARTEL	183
Webb Cody	SE10-45	225	Zepeda-Martínez Mildred*	SE07-3	202
Weber Bodo	GET-7	67	Zirino Alberto	OCE-3	117
Weber Bodo	SED-5 CARTEL	140	Zirino Alberto	SE10-9	217
Weber Bodo	SE01-7	167	Zirino Alberto	SE10-35	223
Wemmer Klaus	GEOQP-11	93	Zúñiga-Dávila Madrid Francisco Ramón	SIS-4	143
Whaler Kathryn*	SE19-2	259	Zúñiga-Dávila Madrid Francisco Ramón	SIS-34 CARTEL	150
Wogau Chong Kurt Heinrich*	SE14-8 CARTEL	244			
Wolfgang Arz Helge	SE14-8 CARTEL	244			
Woodhouse Connie	SE14-4	243			
Xu Shunshan*	GET-28 CARTEL	72			
Yamamoto Jaime	SIS-29 CARTEL	149			
Yamamoto Jaime*	SIS-33 CARTEL	149			
Yamori Katsuya	SIS-35 CARTEL	150			
Yañez Arenas Carlos	OCC-17	109			
Yañez García Camilo	VUL-23 CARTEL	161			
Yañez Pérez Gabriela	SIS-25 CARTEL	148			
Yañez Rodríguez María de los Ángeles	EG-25	34			
Yarbuh Ismael*	GET-3	66			
Yarbuh Ismael	GET-8	67			
Yarbuh Ismael	GET-33 CARTEL	74			
Yazdi Pouyé*	SIS-49 CARTEL	153			
Yela Portilla José Daniel	SIS-19	146			
Yépez Enrico A.*	CS-18 CARTEL	13			
Yépez Enrico A.	OCC-38 CARTEL	113			
Yépez Enrico A.	SE03-17 CARTEL	177			
Yépez Enrico A.	SE15-6	248			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	RN-25 CARTEL	134			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	SE18-2 CARTEL	257			
Yurovskaiia Maria	OCC-34 CARTEL	112			
Yutsis Vsevolod*	EG-28	35			
Yutsis Vsevolod	GET-1	66			
Yutsis Vsevolod	GEOQP-19 CARTEL	95			
Yutsis Vsevolod	SIS-7	144			
Zahradnik Jiri	SIS-19	146			
Zaitsev Oleg*	SIS-53 CARTEL	154			
Zamora Camacho Araceli*	SIS-29 CARTEL	149			
Zamora Camacho Araceli	SIS-33 CARTEL	149			
Zamora Camacho Araceli	SIS-47 CARTEL	153			
Zamora Medellín Itzayana Yoloxochitl	EG-7	30			
Zamudio-Angeles David*	RN-6	129			

Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A. C.
que la membresía es de \$500.00 para investigadores
y \$200.00 para estudiantes

página internet: www.ugm.org.mx

Con un cordial saludo

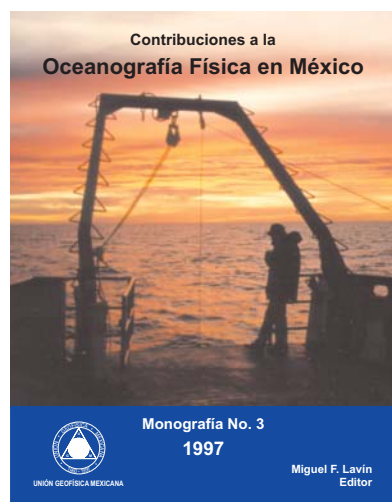
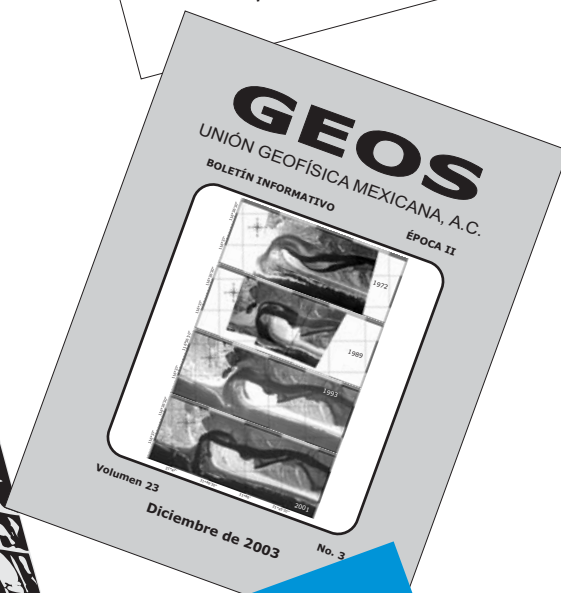
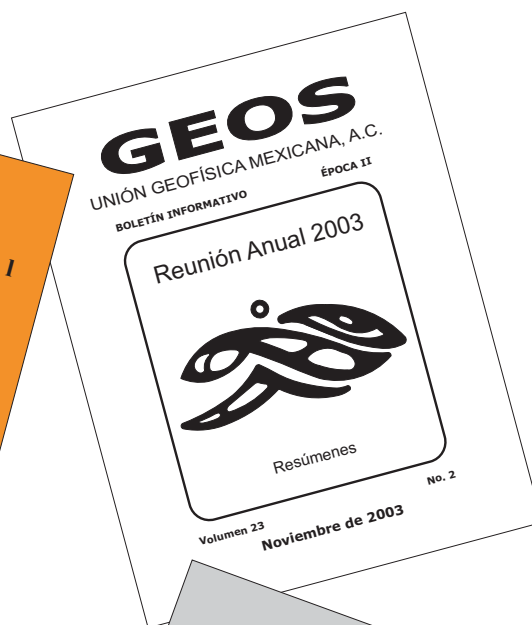
Luis A. Delgado Argote y Víctor de la Luz
Editores

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.