

geos



Volumen 42 No. 1 Noviembre de 2022

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

**UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
Mesa Directiva 2022-2023**

Dr. Arturo Iglesias Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM
Presidente

Dr. José Luis Macías Vázquez*
Instituto de Geofísica, UNAM
Vicepresidente

Dr. Mario González Escobar
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Tesorero

Dra. Ericka Alinne Solano Hernández
Universidad del Mar, UMAR
Secretario General

Dra. Ruth Cerezo Mota**
Instituto de Ingeniería, UNAM
Secretario de Investigación

Mtra. Caridad Cárdenas Monroy
Instituto de Geofísica, UNAM
Secretario de Difusión

Dr. Oscar Alberto Castro Artola
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
Secretario de Educación

Dr. Dante Jaime Morán Zenteno
Instituto de Geología, UNAM
Secretario de Vinculación

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Caridad Cárdenas Monroy
caridad@sismologico.unam.mx
UNAM

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, UAZ

Apoyo Técnico Editorial

Ángel Daniel Peralta Castro
Humberto S. Benítez Pérez
Sergio Manuel Arregui Ojeda
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 <https://geos.cicese.mx>
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

* A partir de la Asamblea General de la presente Reunión Anual.

** Sustituida por la Dra. Lucía Capra Pedol del CGEO, UNAM, a partir de la presente Reunión Anual.

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

A partir de inicios del 2020 la humanidad ha enfrentado uno de los más grandes retos de su historia reciente. Ante la irrupción de un nuevo virus con consecuencias graves para la salud, las autoridades sanitarias de los diferentes Estados implementaron medidas de mitigación de los efectos del virus y de reducción de contagios.

Pero para toda la sociedad, quedó muy claro que la solución a la pandemia pasaría por la aplicación de los métodos y técnicas que la investigación científica ha ensayado por siglos, obteniendo en un tiempo récord vacunas confiables. Una vez más, y con una claridad incuestionable casi a cualquier ojo, la solución factible y posible a la pandemia provino de la aplicación rigurosa del método científico.

El estudio riguroso de nuestro planeta, su medio ambiente y el espacio que la rodea redundó, de igual manera, en grandes beneficios para la sociedad aportando el conocimiento en el uso eficiente y sustentable de los recursos naturales y la mitigación de los efectos de los riesgos por fenómenos naturales. Esa es nuestra tarea en la Unión Geofísica Mexicana, donde promovemos el estudio científico de la Tierra, su medio ambiente y el espacio.

En nuestra reunión anual 2022, cuyo tema fue "Resiliencia para un Mundo Sostenible" se organizaron 20 sesiones regulares y 18 sesiones especiales. Después de dos años difíciles, derivados de los efectos de la pandemia, retomamos una asistencia de 841 inscritos en la que se destaca la asistencia de 179 estudiantes de licenciatura y 199 estudiantes de posgrado. El programa de becas a estudiantes de licenciatura apoyó a 37 estudiantes.

Se organizó una mesa redonda en donde directoras y directores de institutos de geociencias compartieron experiencias acerca del reto del trabajo a distancia y del regreso a las actividades presenciales.

Se llevó a cabo el concurso de conocimiento de Ciencias de la Tierra donde hubo empate en primer lugar entre la Escuela Nacional de Estudios Superiores de Morelia (ENES-UNAM) y la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán (ESIA-Ticomán-IPN). Por la ENES participaron Arely Sarahí Leal Mercado y Angélica Saraí Campos Granados, por la ESIA Alejandro Tejeda Narváez y Angelo Kevin García Hernández. El tercer lugar lo obtuvieron Julio Cervantes Hanan y Enrique Ramírez Hernández de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la UNAM.

Se otorgó el Reconocimiento del Maestro del Año a la Dra. Isabel Israde Alcántara Profesora-investigadora titular del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Morelia, Michoacán y al Dr. Enrique Alejandro González Torres Profesor titular de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

El premio Francisco Medina Martínez para licenciatura fue otorgado para Daniel Hernández Andrade, Andrea Isabel Anguiano García y Rafael Zavala Molina. En maestría los ganadores fueron Karina Bernal Manzanilla y Celia Bercenilla Cristóbal. Finalmente, en doctorado los premios fueron otorgados para Edilson Fernando Salazar Monroy, Jorge Armando Velázquez Aristizábal y Ramón Ángel Caraballo Lucas.

En el premio de cuento científico, patrocinado por la empresa "Fresnillo PLC" participaron 11 estudiantes de seis centros educativos y fueron premiados en 1er lugar Yesica Peña Beltrán, en 2o lugar Marcos Cruz Jiménez y en 3er lugar Miguel Torres Sánchez.

Se llevó a cabo por cuarta ocasión el evento de divulgación científica "Kermés de las Ciencias de la Tierra" en el Parque Lázaro Cárdenas de Puerto Vallarta, patrocinado también por "Fresnillo PLC" y en el cual se tuvo la participación de centros educativos, institutos servicios nacionales y Protección Civil Municipal con nueve talleres y cuatro charlas de divulgación.

Se aprovechó la Asamblea General para la toma de protesta de dos miembros nuevos de la Mesa Directiva de UGM: del vicepresidente, Dr. José Luis Macías Vázquez, actual director del Instituto de Geofísica de la UNAM, así como a la Dra. Lucía Capra Pedol como Secretaria de Investigación, actual directora del Centro de Geociencias de la UNAM campus Juriquilla.

Alrededor de 30 expositores, entre empresas especializadas e instituciones científicas y académicas presentaron programas de estudio y moderno instrumental científico, compartiendo experiencias con los asistentes y visualizando nuevos proyectos.

Si bien la pandemia sirvió para consolidar el trabajo colaborativo a distancia, la oportunidad de encontrarnos nuevamente cara a cara fue una gran experiencia. Desafortunadamente también tenemos que contar la falta de nuestros compañeros que durante finales del 2021 y principios del 2022 perdieron la vida. Especialmente recordamos al Dr. Markus Gross, investigador del CICESE y al Dr. Roberto Stanley Molina Garza, investigador del Centro de Geociencias de la UNAM.

En nuestra reunión anual 2022 la Unión Geofísica Mexicana, la comunidad más grande de geocientíficos de México, les expresamos a los tomadores de decisiones de los diferentes órganos de gobierno, que es indispensable que el Estado Mexicano invierta recursos en geociencias que redundarán en múltiples beneficios para la sociedad.

Dr. Arturo Iglesias Mendoza
Presidente, Mesa Directiva 2022-2023
Unión Geofísica Mexicana, A. C.

ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2022

La Reunión Anual 2022 tuvo 756 trabajos aceptados repartidos en 20 sesiones regulares y 18 sesiones especiales. Distinguidos especialistas dieron conferencias plenarias en cinco 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 32 expositores de los sectores privado, público y académico. Se ofrecieron además 16 cursos de capacitación sobre temas de interés diverso para estudiantes y especialistas.

Conferencias Plenarias

INTERACCIONES ENTRE ATMÓSFERA, BIOSFERA, E HIDROSFERA CON LA SOCIEDAD EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Amparo Martínez Arroyo

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

LA CROMOSFERA SOLAR: SU MONITOREO DESDE EL LACIGE-UNAM

Mario Rodríguez

Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

REPEATING LARGE EARTHQUAKES ALONG THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE

Shri Krishna Singh

Instituto de Geofísica, UNAM

FASE-W: 15 A AÑOS DE SOLUCIONES FOCALES A MUY LARGO PERÍODO

Luis Rivera

Institut Terre & Environnement Strasbourg, Ecole et Observatoire de Sciences de La Terre, Université de Strasbourg

EL TELESCOPIO ESPACIAL JAMES WEBB

Julieta Fierro Gossman

Instituto de Astronomía, UNAM

Mesas de Discusión

RESILIENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR: LECCIONES APRENDIDAS EN LA PANDEMIA

Panelistas:

Lucía Capra, Centro de Geociencias, UNAM

Ricardo Barragán, Instituto de Geología, UNAM

Manuel Suárez, Instituto de Geografía, UNAM

Tamara Martínez, Coordinación de Igualdad de Género, UNAM

Moderadores:

Ruth Cerezo, Instituto de Ingeniería, UNAM

Sesiones Regulares

ARQUEOMETRÍA (AR)

Organizadores:

Galia González Hernández, Ángel Ramírez Luna

CIENCIAS DEL SUELO (CS)

Organizadores:

Elizabeth Solleiro

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)

Organizadores:

Erika Danaé López Espinoza, Luis Felipe Pineda Martínez

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)

Organizadores:

Miguel Ángel Alatorre Zamora, Fernando Corbo Camargo, Diego Ruiz Aguilar, Iza Canales García

FÍSICA ESPACIAL (FE)

Organizadores:

Américo González, María Sergeeva, Víctor de la Luz

GEODESIA (GEOD)

Organizadores:
Vladimir Kostoglodov

GEOHIDROLOGÍA (GEOH)

Organizadores:
Janete Morán Ramírez

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)

Organizadores:
Javier Arellano

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)

Organizadores:
Juan Contreras, Luca Ferrari

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)

Organizadores:
Laura Elizabeth Peña García, Roberto Maciel Flores, Martín Hernández Marín

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)

Organizadores:
Alejandro Rodríguez Trejo, Fredy Rubén Cejudo Ruiz, Miguel Angel Cervantes Solano

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)

Organizadores:
Efraín Gómez Arias, Luigi Augusto Solari, Teodoro Hernández Treviño

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)

Organizadores:
José Alfredo Ramos Leal

OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)

Organizadores:
Braulio Juárez Araiza, Héctor García Nava, Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu

OCEANOLOGÍA (OCE)

Organizadores:
Emilio Beier, Alejandro Souza, Erik Coria Monter, Elizabeth Durán, Jorge Alejandro Kurczyn Robledo

PALEONTOLOGÍA (PALEO)

Organizadores:
Blanca Estela Buitrón Sánchez

RIESGOS NATURALES (RN)

Organizadores:
David Novelo, Gerardo Suárez

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)

Organizadores:
Isabel Israde Alcantara

SISMOLOGÍA (SIS)

Organizadores:
Luis Antonio Domínguez, Raúl Castro Escamilla

VULCANOLOGÍA (VUL)

Organizadores:
Lucía Capra

Sesiones Especiales

LIMNOLOGÍA FÍSICA (SE01)

Organizadores:
Tzitzlali Gasca Ortiz, Diego Pantoja, Jorge Montes Aréchiga

70 ANIVERSARIO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL (SE02)

Organizadores:
Octavio Gómez-Ramos, Jorge Zavala-Hidalgo, Sergio Valente Gutiérrez-Quijada, Miguel Ángel García-Palacios

EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA: RETOS IMPUESTOS POR LA PANDEMIA (SE03)

Organizadores:

Caridad Cárdenas Monroy, Ericka Alinne Solano Hernández, Oscar Alberto Castro Artola

INSTRUMENTACIÓN Y PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN EN GEOFÍSICA (SE04)

Organizadores:

Armando Carrillo, Gerardo Cifuentes, David Escobedo, Jesús Sánchez

DEL OCÉANO RHEICO A LA AMALGAMACIÓN DE PANGEA: UNA PERSPECTIVA ESTRATIGRÁFICA, GEOCRONOLÓGICA E ISOTÓPICA (SE05)

Organizadores:

Luigi Augusto Solari, Mildred Zepeda Martínez, Michelangelo Martini, Pilar Navas-Parejo

CHIHUAHUA: RETOS Y LOGROS (SE06)

Organizadores:

Ignacio Alfonso Reyes Cortés, Miguel Franco Rubio, Angélica Oviedo García

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN (SE07)

Organizadores:

Marina Manea, Silvia Violeta Nava Lara, Andres David Bayona

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD (SE08)

Organizadores:

Gerardo de Jesús Aguirre Díaz, Carles Canet Miquel, Geraldine Verónica Vázquez Alarcón

AVANCES RECIENTES EN MODELACIÓN NUMÉRICA, EXPERIMENTAL O ESTADÍSTICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA EÓLICA Y ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS (SE09)

Organizadores:

Alejandro Arias, Vanesa Magar, Osvaldo Rodríguez Hernández, Diego Arturo Canul Reyes

TECTÓNICA CORDILLERANA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL NOROESTE DE MÉXICO (SE10)

Organizadores:

Martín Valencia Moreno, Mélanie Noury, Rafael del Rio Salas

EXTREMOS CLIMÁTICOS EN EL OCÉANO Y ATMÓSFERA (SE11)

Organizadores:

Ruth Cerezo Mota, Paulina Cetina Heredia, Maria Eugenia Allende Arandía

TERMODINÁMICA DE LA FRAGMENTACIÓN MAGMÁTICA (SE12)

Organizadores:

Mónica Cristina Barajas Zenteno, Ricardo López García

HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS EN MÉXICO (SE13)

Organizadores:

Juan Manuel Espíndola Castro, Lucero Morelos Rodríguez, Arturo Iglesias Mendoza

DESDE EL PALEOZOICO TARDÍO HASTA EL CENOZOICO DE MÉXICO Y MÁS ALLÁ: ESTRATIGRAFÍA, MAGMATISMO, GEOCRONOLOGÍA, PALEOMAGNETISMO Y TECTÓNICA: UN TRIBUTO A ROBERTO STANLEY MOLINA GARZA (SE14)

Organizadores:

Alexander Iriondo, Harald Böhnelt, Luis Delgado-Argote, Martín Guerrero-Suástegui

RESILIENCIA COSTERA (SE15)

Organizadores:

Paulo Salles, Alec Torres-Freyermuth, Gema Hidalgo Rodríguez, Luis Arturo Mendez Barroso

HIDROACÚSTICA APLICADA EN LA GEOFÍSICA MARINA: EXPERIENCIAS Y ALCANCES EN LA REGIÓN (SE16)

Organizadores:

Leonardo José Figueroa Albornoz, Vicente Carrasco Molina, Rafael Cossío González

GENERAL (SE17)

Organizadores:

Ericka Alinne Solano Hernández, Daniel Peralta

CONFERENCIAS PLENARIAS (SE18)

Organizadores:

Ruth Cerezo Mota, Arturo Iglesias Mendoza

Cursos

NUBE DE PUNTOS LIDAR Y SUS APLICACIONES (CU01)

Instructores:
Amalia Elizabeth Trujillo Torres

U EN ZONAS DESÉRTICAS (CU02)

Instructores:
Ignacio Alfonso Reyes Cortés, Miguel Franco Rubio, Angélica Oviedo García

DIVULGACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS Y SOCIEDAD: ESCUELA PLANETEANDO (CU03)

Instructores:
Raiza Pilatowsky Gruner, Anthony Ramírez Salazar, Mónica G. Ramírez Calderón, Bernardo A. Bastien Olvera

MANEJO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (CU04)

Instructores:
Víctor Alejandro Arias Esquivel

ANÁLISIS DE DATOS GEOFÍSICOS EMPLEANDO EL AMBIENTE DE DESARROLLO INTERACTIVO WEB JUPYTERLAB: SU APLICACIÓN EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA (CU05)

Instructores:
Erika Danaé López Espinoza, Víctor Almanza Veloz, José Agustín García Reynoso

TÉCNICAS DE MUESTREO PARA LA DATACIÓN DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO POR ARQUEOMAGNETISMO, RADIOCARBONO Y TERMOLUMINISCENCIA (CU06)

Instructores:
Galia González Hernández, Ángel Ramírez Luna, Ana María Soler Arechalde

TALLER DE FASE W (CU07)

Instructores:
Luis Rivera, Miguel Ángel Rodríguez-Domínguez, Ericka Alinne Solano

¿CÓMO SE DETECTAN LAS PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS DE DIFERENTES REGIONES DEL PLANETA? (CU08)

Instructores:
Maria Sergeeva, Víctor José Gatica Acevedo

MANIPULACIÓN DE IMÁGENES CIENTÍFICAS CON PYTHON OPENCV (CU09)

Instructores:
Pablo Villanueva Hernández, Gilberto Armando Casillas Pérez

MACHINE LEARNING EN SISMOLOGÍA: EJEMPLOS PRÁCTICOS (CU10)

Instructores:
Roberto Ortega, Dana Carciumaru

CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN SISMOLÓGICA (CU11)

Instructores:
Jorge Alberto Estrada Castillo, Arturo Iglesias Mendoza, Alejandro Hurtado Díaz

ESTRATEGIAS PARA PUBLICAR ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN REVISTAS DE ALTO IMPACTO (CU12)

Instructores:
Juan Contreras

PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA (CU13)

Instructores:
Luis Miguel de la Cruz

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA COSTERA Y VULNERABILIDAD: TEORÍA Y ESTUDIOS DE CASO (CU14)

Instructores:
Véronique Sophie Ávila Foucat, César Vázquez González, Paulo Salles, Alec Torres Freyermuth

SEISAN Y SAC CURSO BÁSICO (CU15)

Instructores:
Víctor Hugo Espíndola Castro, Iván Rodríguez Rasilla, Miguel Ángel García Palacios, Edgar Montoya Quintanar

INTRODUCCIÓN A LA ADQUISICIÓN DE PERFILES DE SUBSUELO MEDIANTE MÉTODOS ACÚSTICOS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN (PERFILADOR DE SUBSUELO) (CU16)

Instructores:
Leonardo José Figueroa Albornoz, Vicente Carrasco Molina, Rafael Cossío González

Expositores

GEOELEC

<https://geoelec.com.mx>

SIGMETRIC

<https://sigmetric.com>

TERRACON INGENIERÍA

<https://terracon-int.com>

VASE SÍSMICA

<https://www.vasesismica.com.mx>

KONGSBERG

<https://www.kongsberg.com>

NORTEK

<https://www.nortekgroup.com>

GEMPA GEOSERVICES

<https://www.gempageoservices.com>

RASPBERRY SHAKE

<https://raspberrysshake.org>

APROTEC MEXICANA

<http://www.aprotecmexicana.com>

SCINTREX

<https://scintrexltd.com>

TASE

<https://tase.com.mx>

COMEXMOL

<https://comexmol.com>

GUIDELINEGEO

<https://www.guidelinegeo.com>

ZEBRA EARTH SCIENCES

<https://www.zebraes.com>

AMPERE

<https://gruposimonett.com>

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

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

DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA, CICESE

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

CENTRO DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UV

<https://www.uv.mx>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

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

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

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

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

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

COORDINACIÓN DE PLATAFORMAS OCEANOGRÁFICAS, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

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

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM

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

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

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

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM

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

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.

<https://ipicyt.edu.mx>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

<https://www.uabc.mx>

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA, UNAM

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

LABORATORIO NACIONAL DE RESILIENCIA COSTERA

<https://www.lanresc.mx>

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UMSNH

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

Patrocinadores

AMPERE

<https://gruposimonett.com>

KONGSBERG

<https://www.kongsberg.com>

SIGMETRIC

<https://sigmetric.com>

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

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

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

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

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

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

Comité Organizador

Ángel Daniel Peralta Castro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

José de Jesús Mojarro Bermúdez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Leonarda Isabel Esquivel Mendiola

Instituto de Geofísica, UNAM

Miguel Ángel Rodríguez Domínguez

Instituto de Geofísica, UNAM

Sergio Manuel Arregui Ojeda

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

ÍNDICE GENERAL

	Página
Editorial	i
Estructura de la Reunión Anual 2022	iii
Índice general	ix

Sesiones Regulares

Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	5
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	12
Exploración geofísica (EG)	26
Física espacial (FE)	33
Geodesia (GEOD)	40
Geohidrología (GEOH)	42
Geología del petróleo (GP)	53
Geología estructural y tectónica (GET)	55
Geología y geofísica ambiental (GGA)	63
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	67
Geoquímica y petrología (GEOQP)	72
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	81
Oceanografía costera (OCC)	85
Oceanología (OCE)	90
Paleontología (PALEO)	102
Riesgos naturales (RN)	103
Sedimentología y estratigrafía (SED)	111
Sismología (SIS)	114
Vulcanología (VUL)	128

Sesiones Especiales

Limnología física (SE01)	136
70 aniversario del Servicio Mareográfico Nacional (SE02)	138
Educación y difusión de las Ciencias de la tierra: retos impuestos por la pandemia (SE03)	141
Instrumentación y protocolos de adquisición en geofísica (SE04)	145
Del Océano Rheico a la amalgamación de Pangea: una perspectiva estratigráfica, geocronológica e isotópica (SE05)	148

Chihuahua: retos y logros (SE06)	153
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE07)	157
Patrimonio geológico y geodiversidad (SE08)	162
Avances recientes en modelación numérica, experimental o estadística para la caracterización de recursos de energía eólica y energías renovables marinas (SE09)	166
Tectónica cordillerana y yacimientos minerales del noroeste de México (SE10)	169
Extremos climáticos en el océano y atmósfera (SE11)	171
Historia de las Geociencias en México (SE13)	173
Desde el Paleozoico tardío hasta el Cenozoico de México y más allá: Estratigrafía, Magmatismo, Geocronología, Paleomagnetismo y Tectónica: Un tributo a Roberto Stanley Molina Garza (SE14)	175
Resiliencia costera (SE15)	185
Hidroacústica aplicada en la geofísica marina: experiencias y alcances en la región (SE16)	189
Conferencias plenarias (SE18)	190
Índice de autores	192

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores

Galia González Hernández
Ángel Ramírez Luna

AR-1 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIO SÍSMICO POR MICROTREMORES DE LA PIRÁMIDE DE CHOLULA PARA SU CLASIFICACIÓN SÍSMICA Y ESTRATIGRÁFICA

Salinas Ruiz Andrew Misael¹, Chacón de la Rosa Samuel², Suárez Cruz Sergio³, Serrano Ortiz José⁴ y González Hernández Julio César⁴

¹INAH-BUAP-UAdeC

²Universidad Autónoma de Coahuila, UAdeC

³Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

andrwsalinas@outlook.com

La zona Arqueológica de Cholula está conformada principalmente por la Gran Pirámide de Cholula, se ubica en los municipios de San Pedro y San Andrés Cholula pertenecientes al estado de Puebla. La Gran Pirámide de Cholula se exploró por medio de túneles en largas temporadas de campo a cargo del Arq. Ignacio Marquina (1970), que iniciaron en septiembre de 1931 y concluyeron a finales de los cincuenta del siglo pasado, reportando la excavación de aproximadamente 8 km de túneles, de los cuales algunos tramos son utilizados por los turistas para atravesar la estructura y conocer las distintas etapas constructivas que conserva en su interior. Sobre la Pirámide se encuentra el santuario de la Virgen de los Remedios, que es parte del atractivo turístico y religioso de la zona. La cual, congrega a una gran cantidad de gente con celebraciones que atraen a la pirotecnia y juegos mecánicos. La región de Cholula recibe una cantidad sísmica importante a causa de las placas tectónicas del pacífico, así como de menor intensidad de origen volcánico. A su vez, el tránsito automovilístico pasa a menos de 3 metros a un costado de la pirámide (calle 14 poniente) donde se encuentra el único acceso (túnel) al interior de la pirámide. De la misma forma, en la esquina del noreste de la pirámide se encuentra la estación del tren turístico de Puebla y el público en general tiene acceso al templo y a los túneles del sitio, provocando una sismicidad de menor cantidad, pero no descartable. Lo anterior anima a plantear un estudio que permita registrar e identificar las frecuencias, intensidad y causa de los movimientos sísmicos que pudieran presentarse en el área que ocupa la Gran Pirámide por cada una de las distintas causas, tanto humanas (procesiones, cohetes, música, tránsito de vehículos, etc.) como naturales (sismos, erupciones volcánicas, etc.), y su afectación a las estructuras y subestructuras que integran el sitio, incluyendo la estabilidad de los túneles. Mediante un sismógrafo se obtendrán valores de ruido sísmico ambiental de la zona detectando momentos en que las vibraciones del sitio sean altas o estables. De igual manera, se aplicará el método geofísico de refracción de microtremores (ReMi), con el cual, se obtendrán modelos de velocidades de ondas para la caracterización del suelo arquitectónico. El análisis se realizará conforme al ruido natural o ambiental (microtremores), que es provocado por el tránsito de automóviles, transeúntes, tren y movimientos sísmicos. Por lo que, en esta investigación se analizará la posibilidad de que los ruidos ambientales en inmediaciones de la pirámide, puedan estar afectando a la estructura interna y la estabilidad del terreno, esto para poder prevenir accidentes o posibles desplomes arquitectónicos.

AR-2 PLÁTICA INVITADA

PALEOPAISAJE DE LA CUENCA DE MÉXICO ENTRE LOS PERIODOS ARCAICO AL POST-CLÁSICO Y SU TRANSFORMACIÓN ANTRÓPICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN NICHOS

Wogau Chong Kurt Heinrich¹, Acosta Ochoa Guillermo¹, Cruz y Cruz Tamara², Morett Luis³, Cordova Carlos⁴ y Hoelzmann Philipp⁵

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

³Universidad Autónoma de Chapingo

⁴Oklahoma State University

⁵Freie Universität Berlin

kurtwogau@gmail.com

El paisaje natural ha jugado un papel determinante en la evolución de la sociedad humana. Desde las primeras bandas de cazadores-recolectores hasta las sociedades agrarias, el uso de distintos elementos del paisaje, para la construcción de nichos útiles como espacios habitacionales, sitios de cultivo o agrícolas es

evidente en diversas regiones de la Cuenca de México. La geomorfología de la cuenca es variada y compleja. Esta se compone de zonas glaciales, piedemontes y diversos sistemas sedimentarios como planicies de inundación, zonas palustres y sistemas lacustres. La hipótesis central de nuestro trabajo indica que la evolución de paisajes fluvio-lacustres durante el finales del Pleistoceno y el Holoceno en la Cuenca de México generaron nichos favorables para el establecimiento de campamentos de cazadores-recolectores y posteriormente durante el auge de culturas precerámicas. Por ejemplo, las zonas de deltas fluviales fueron ocupadas y transformadas durante la construcción de tlateles de uso habitacional y agrícola. En este trabajo realizamos una reconstrucción de paleopaisaje del sitio del Hombre de Texcoco, localizado al este de la Cuenca de México y de sistemas sedimentarios asociados al sitio. Para este fin, se ha realizado el estudio de secuencias fluvio-lacustres en las planicies de inundación de los ríos San Bernardino y Huexotla. Nuestros objetivos son: (A) Estudiar los tipos paleopaisajes producto de la interacción entre la actividad de drenajes fluviales y fases de transgresión-regresión del lago de Texcoco durante finales del Pleistoceno y el Holoceno, (B) Estudiar la posible relación entre el desarrollo de grupos de cazadores-recolectores, culturas precerámicas y evolución del paisaje, (C) Estudiar la transformación antrópica de diversos elementos del paisaje en el proceso de construcción de nichos. Para estos objetivos, se realizó una caracterización geomorfológica utilizando sistemas de información geográfica, observaciones de campo y vuelos con vehículos aéreos no tripulados. En base a este análisis se seleccionaron sitios de excavación para pozos de sondeo. Análisis multi-indicadores de las secuencias fluvio-lacustres excavadas como: análisis de facies sedimentarias, análisis de microfases, magnetismo ambiental y análisis geoquímicos serán aplicados para realizar una reconstrucción paleoambiental.

AR-3 PLÁTICA INVITADA

ANÁLISIS FUNCIONAL DE UN CONJUNTO DE AGUJAS DE HUESO MEDIANTE MICROSCOPIO METALOGRÁFICO Y MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

Jiménez González Berenice¹, Pérez Martínez Patricia² y Acosta Ochoa Guillermo³

¹Dirección de Salvamento Arqueológico, INAH

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

rberenicjimenez@gmail.com

Las principales materias primas para confeccionar textiles en época prehispánica fueron el ixtle (*Agave sp.*) y el algodón (*Gossypium sp.*). El ixtle utilizado por la gente común, y el segundo, destinado para la nobleza y su empleo como sistema de cambio. Dentro del análisis de una aldea lacustre ubicada en el lago de Xochimilco (Acatla) del Posclásico Temprano (900-1150 EC – era común-) fueron recuperados una gran variedad de agujas manufacturadas en hueso, sin embargo, sus características morfológicas no nos permiten determinar si sirvieron para tejer mantas de ixtle o algodón. Con la finalidad de identificar la materia prima para la cual fueron destinadas, se realizó el análisis funcional y de huellas de uso, mediante el uso de microscopio metalográfico y microscopio electrónico de barrido. Este estudio fue complementado con un estudio experimental de réplicas en hueso con la finalidad de corroborar los datos obtenidos en los artefactos arqueológicos.

AR-4 PLÁTICA INVITADA

CALZADAS PREHISPÁNICAS, DIQUES Y CHINAMPAS: ANÁLISIS LIDAR Y FOTOGRAMETRÍA MEDIANTE UAV DE UN PALACIO DE NEZAHUALCÓYOTL EN EL ÁREA DE ATENCO

Acosta Guillermo, Jiménez Delgado Gerardo y López Mejía Javier

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

acostaocchoa@gmail.com

El área del Acolhuacan (Texcoco) parece haber tenido un papel importante en desarrollo de sistemas de control hidráulico, sea para el desarrollo de canales de irrigación (Tezcutzingo) o para el control de las inundaciones periódicas (Albarradón de Nezahualcōyotl), al menos así lo consignan las fuentes del siglo XVI como Ixtlilxochil o Sahagún. Desgraciadamente, el avance de la mancha urbana debido al crecimiento de la Ciudad de México ha destruido o invisibilizado la mayor parte de esta ingeniería hidráulica precolombina. En este trabajo se presentan los resultados

del estudio LiDAR (Light Detection and Ranging) y de fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) en el área de Huatepec-Tepecingo. Los resultados del análisis y mejoramiento de las imágenes nos permiten identificar en esta zona un conjunto de calzadas-dique que permitieron retener y almacenar agua dulce procedente de los ríos Papalotla y Jalapango, además de un sistema de "Chinampas" (o camellones inundables). Lo anterior nos permitió identificar a este sistema como uno de los Jardines-Palacio de Nezahualcōyotl mencionados en las fuentes: El Palacio del Tepetzinco.

AR-5

APORTACIONES DEL RADIOCARBONO A LA CRONOLOGÍA DE LOS SITIOS CHINAMPERS DEL POSCLÁSICO DE LA CUENCA DE MÉXICO

González Hernández Galia¹, Beramendi Oroscó Laura², Jiménez González Berenice³, Acosta Ochoa Guillermo⁴ y Santos Hipólito Daniel¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Dirección de Salvamento Arqueológico, INAH

⁴Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

galia@igeofisica.unam.mx

El auge de la producción Chinampera en la cuenca de México parece asociarse con el desarrollo de la Triple Alianza y la construcción de las grandes obras hidráulicas para el control de las inundaciones, así como al aumento demográfico y la necesidad de ganar terreno al sistema lacustre de la cuenca de México. Desafortunadamente, la datación de estos eventos se ha basado principalmente en los cambios de los tipos cerámicos, desde el Azteca I y II (asociado al período previo al auge de Tenochtitlán) para el Posclásico temprano y medio (900-1350 EC) y Azteca III y IV para el Posclásico Tardío e inicios de la época Colonial (1350-1550 EC); por el contrario, las dataciones por radiocarbono de estos contextos son todavía relativamente escasas, principalmente como consecuencia de la metodología constructiva de las chinampas, lo que resulta en que no siempre se encuentran muestras asociadas al momento de la construcción o uso de la chinampa. Es en este sentido que este trabajo intenta contribuir al respecto aportando nuevas edades radiocarbónicas, obtenidas en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono-LUR de la UNAM, de diversas muestras provenientes de tres sitios del Posclásico asociados a chinampas del Proyecto Arqueológico Xochimilco, del Rescate Arqueológico de la Catedral de San Bernardino en el Centro de Xochimilco y del Rescate Arqueológico en el Predio Allende en Tlatelolco.

AR-6

EL PAPEL DE LAS ESTRUCTURAS QUEMADAS Y NO QUEMADAS EN LA DATACIÓN ARQUEOMÉTRICA EN TEOTIHUACAN

Soler Arechalde Ana María¹, Beramendi Oroscó Laura² y González Hernández Galia¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

anesoler@geofisica.unam.mx

La datación arqueomagnética consiste en la comparación del vector de magnetización del instrumento arqueológico (muros, pisos, hornos, vasijas) con las curvas de variación secular del campo magnético terrestre ha tomado cada vez mayor importancia en los proyectos arqueológicos, pero si además se trabaja de manera conjunta con otros métodos de datación como el radiocarbono sus resultados se consolidan. Teotihuacan y sus barrios ha sido el sitio más muestreado por arqueomagnetismo desde 1999, en este trabajo presentaremos una compilación de todas las dataciones obtenidas y sus contextos arqueológicos. Se mostrarán resultados arqueomagnéticos de Teopanazgo, Xalla, Pirámide de la Luna y del Sol, Ciudadela y Plaza de las Columnas y se compararán con los modelos bayesianos de radiocarbono de Teopanazgo y Xalla, enfatizando la importancia de entender qué evento fecha cada muestra.

AR-7

CRONOLOGÍA BAYESIANA DE 14C PARA CUEVA DEL PIRUL Y CUEVA DE LAS VARILLAS EN TEOTIHUACAN

Beramendi Oroscó Laura¹, González Hernández Galia² y Manzanilla Linda R.³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

laurab@geologia.unam.mx

El uso de modelos de estadística Bayesiana para la construcción de cronologías de 14C, integrando datos cronométricos y otra información cronológica, ha cobrado importancia en los últimos años, especialmente en el ámbito de la arqueología. El gran número de edades de radiocarbono de muestras provenientes de los túneles al este de la pirámide del Sol y toda la información histórica y arqueológica que se tiene derivada de las excavaciones realizadas por la Dra. Manzanilla y de la literatura, convierten a estos sitios en escenarios ideales para aplicar la estadística Bayesiana y poder así construir una cronología de 14C con intervalos del calendario bien acotados, que ayude a un mejor entendimiento del colapso de Teotihuacan

y la subsecuente ocupación durante el periodo posclásico. En este trabajo se presentará el modelo bayesiano obtenido integrado por las calibraciones de 20 edades de radiocarbono que se realizaron utilizando la versión en línea del programa OxCal que se encuentra disponible en internet (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>; Bronk Ramsey 2009) con la curva de calibración INTCAL_20 (Reimer et al., 2020). Los resultados obtenidos permiten distinguir las diferentes ocupaciones post-teotihuacanas y ayudan a ajustar las cronologías del Epiclásico y Posclásico para el centro de México, aportando además información que permitirá entender mejor el colapso de Teotihuacan.

AR-8

TRASCENDENCIA DEL ANÁLISIS DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO PARA LA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DATACIÓN POR TERMOLUMINISCENCIA Y RADIOCARBONO: EL CASO DEL SITIO DE LA QUEBRADA DE PIEDRAS BANCAS, COLOMBIA

Ramírez Luna Angel¹, Schaaf Peter¹, González Hernández Galia¹ y Obregón Cardona Mauricio²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM

rangel@igeofisica.unam.mx

El establecimiento de cronologías de un sitio o contexto arqueológico es complejo, esto debido a la diversidad y cantidad de elementos que deben de ser considerados en su análisis, tales como: las áreas de reocupación, materiales reutilizados, correlación de contextos o diferentes fases constructivas, entre otros. La mejor manera de establecer la cronología de un sitio, es contar con la mayor cantidad de edades o fechamientos de materiales culturales indicadores de temporalidad. En la medida que apliquemos el método adecuado de datación a estos materiales, podremos establecer una cronología robusta y con mayor resolución. En el valle de Aburrá y en particular en la Quebrada de Piedras Blancas en los Andes Noroccidentales de Colombia, el estudio de los sitios de ocupación doméstica han sido de gran interés para la establecer la historia de dicha región, e inferir como se vivía en el pasado y los procesos o cambios políticos y sociales ocurridos entre otros aspectos. En este trabajo se presentan las edades obtenidas de la aplicación sistemática de los métodos de datación por termoluminiscencia (TL) y radiocarbono (14C) en el fechamiento de materiales culturales de ámbitos domésticos del sitio arqueológico de la Quebrada de Piedras Blancas, resaltando la importancia del análisis del contexto arqueológico previo a la aplicación de los métodos de datación. Para las dataciones se emplearon las metodologías correspondientes usadas por cada laboratorio, los materiales fechados por termoluminiscencia y radiocarbono fueron fragmentos cerámicos y carbón antropogénico respectivamente. Las edades resultantes por los dos métodos fueron coherentes entre sí y congruentes con la estratigrafía observada en la excavación. En términos de la datación de los materiales se tiene que en piedras blancas durante el período tardío el tamaño de las casas posiblemente aumentaron debido a que los lugares de ocupación estuvieron conformados por grupos domésticos basados en familias extensas multigeneracionales, las cuales habitaron grandes residencias comunales, la existencia de este tipo de unidades sociales es coherente con la duración de la ocupación registrada a través de las fechas obtenidas en las cerámicas por termoluminiscencia la cual oscila entre 120 y 180 años, las fechas por termoluminiscencia señalan la posibilidad de que las unidades habitacionales fueron ocupadas simultáneamente y estuvieron relacionadas entre sí. Hasta la presente investigación, el tipo cerámico de cuencos biselados de bocas anchas había sido considerado como exclusivo de la ocupación temprana de la cuenca del Valle de Aburrá, sin embargo, el análisis de su distribución y las fechas obtenidas por termoluminiscencia, indican que estos recipientes continuaron elaborándose durante toda la ocupación tardía.

AR-9 CARTEL

TEJIENDO PLANTAS: CESTERÍA Y TEXTILES EN ÉPOCA PREHISPÁNICA

Martínez-Yrizar Diana, Adriano Morán Carmen Cristina y McClung Heumann Emily

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

yrizarmd@hotmail.com

La subsistencia humana no hubiera sido posible sin la utilización de la vegetación para satisfacer necesidades básicas como alimentación, vestido, construcción, medicina y ritual entre otras. La evidencia del uso de las plantas, que se remonta a épocas muy tempranas en el desarrollo de las comunidades, se ha obtenido a través de análisis paleoetnobotánicos. La paleoetnobotánica se encarga del estudio de las relaciones establecidas entre las sociedades humanas antiguas y las plantas, esto por medio de los materiales botánicos recuperados de sedimentos procedentes de excavaciones arqueológicas. Estos materiales incluyen semillas, frutos, hojas, madera, polen, fitolitos, diatomeas y gránulos de almidón. También se han encontrado restos de cestería y textiles que, por lo general, se asume -sin realizar algún tipo de análisis- que están elaborados con tules (*Thypha*, *Schoenoplectus*) y algodón (*Gossypium*) respectivamente. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos del estudio de algunos artefactos arqueológicos, de diferentes sitios y contextos de la época prehispánica, para identificar qué plantas se utilizaron para su manufactura. Con las técnicas analíticas empleadas (montaje directo y observación de la estructura anatómica de los materiales usando microscopio óptico)

se encontró que se aprovechaba una gran variedad de plantas para elaborarlos, dependiendo del ambiente, el tipo de artefacto y la finura del tejido.

AR-10 CARTEL

MAGDALA, ISRAEL: SEMILLAS, POLEN Y FITOLITOS EN LA VIDA COTIDIANA DE UN ASENTAMIENTO DE GALILEA EN LOS PRIMEROS DOS SIGLOS CE

McClung Heumann Emily¹, Martínez Yrizar Diana², Adrián Morán Carmen Cristina¹, Ibarra Morales Emilio¹ y Zapata Meza Marcela²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Anáhuac, Campus Sur
emily.mcclungtapia@gmail.com

El asentamiento urbano de Magdala, ubicado en la orilla poniente del Lago Kinneret, Israel, se desarrolló inicialmente durante el periodo helenístico tardío (ca. 120-63 ACE). Aunque excavaciones recientes sugieren que la ocupación más intensa tuvo lugar durante los periodos romano temprano y medio, aproximadamente entre el 63 ACE y el 250 CE. El análisis de restos macro y microbotánicos (polen y fitolitos) de muestras de sedimentos recuperados principalmente de áreas habitacionales y rituales, se llevó a cabo para complementar el estudio de las características arquitectónicas, cerámica y categorías de artefactos como monedas, vasijas de piedra, y lámparas de aceite, entre otros. La presencia de restos vegetales in situ y su distribución espacial en asociación con restos arqueológicos ofrece una visión amplia de las actividades cotidianas. El análisis de restos de plantas contribuiría a una mejor comprensión de los modos de vida de los habitantes del sitio en diferentes momentos de su historia. Este trabajo considera, por un lado, aspectos metodológicos del muestreo, análisis e interpretación de la evidencia botánica en cuanto a su relevancia como indicador de las actividades económicas de la comunidad, y por otro, la relación entre la población y su entorno durante la ocupación del primer siglo CE. Mientras que el conjunto de evidencia botánica disponible actualmente de contextos domésticos y rituales, confirma la presencia de recursos específicos como los cultivos reconocidos (uva, olivo, higo y cereales, etc.), es insuficiente para hacer un análisis detallado de la flora local. Sin embargo, el registro de macro- y micro restos de las áreas domésticas es relevante porque, además de reforzar la evidencia de taxa económicamente importantes, se corroboró la presencia de numerosos taxa asociados con tipos de vegetación en el pasado reportados por varios autores en estudios paleoambientales relacionados con el entorno circundante del Lago Kinneret. Los resultados obtenidos en esta etapa inicial contribuirán al diseño de metodologías apropiadas de muestreo, análisis e interpretación de datos para su aplicación en futuras excavaciones en el sitio.

AR-11 CARTEL

ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO DE UNA UNIDAD DOMÉSTICA ARQUEOLÓGICA EN EL RIF CENTRAL MARROQUÍ - RESULTADOS PRELIMINARES

Ramírez Rodríguez Azul U.¹, González Hernández Galia², Beramendi Oroscó Laura³, Martínez Yrizar Diana⁴, McClung Heumann Emily⁴ y Karkar Ouajid⁵

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁵Independiente

azulramirez108@gmail.com

El estudio arqueológico de las sociedades autóctonas (imazighen o 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, carente de edificios administrativos y/o burocráticos. 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 la sociedad rifeña. En este trabajo se presentan los primeros resultados de una propuesta interdisciplinaria para el sitio de Dwayar (Ayt Ali u Aissa), en el Rif Central Marroquí, que abarca una estrategia de investigación etnoarqueológica y el uso de técnicas arqueométricas como el análisis de los restos botánicos encontrados en los materiales constructivos de una de estas viviendas, así como su datación por 14C.

AR-12 CARTEL

DATACIÓN ARQUEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DEL COMPLEJO CERRITO DE LOS AGAVES EN JESÚS MARÍA, JALISCO

González Hernández Galia¹, Esparza López Rodrigo², Goguitaichvili Avto³, Beramendi Oroscó Laura⁴, Fléiz García Mario⁵ y Yoshida Teruaki⁶

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro de Estudios Arqueológicos, El Colegio de Michoacán

³Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

⁵Universidad de Tokai, Japón

galia@igeofisica.unam.mx

Durante los trabajos de campo dentro del Proyecto Arqueológico Presa de la Luz en las temporadas 2020 y 2021 se excavó el complejo arquitectónico conocido como Cerrito de Los Agaves. En este trabajo se exploró la estructura principal del conjunto que es parte de un patio hundido. Se abrió una cala de prospección para conocer las etapas constructivas del edificio dentro de la cual se pudieron observar por lo menos dos etapas constructivas. En su parte más oriental la profundidad de la cala llegó a los 2 metros y medio, fue en esta parte donde se hallaron los restos de un pequeño muro que delimitaba la estructura hacia el patio. En este lugar se pudo observar un piso quemado donde se tomó la muestra para arqueomagnetismo. Junto al piso quemado se tomó la muestra de radiocarbono ya que había una mancha de carbón bien preservada. Nuestro interés en esta ocasión era precisamente fechar los eventos de construcción del edificio, ya que era la primera vez que se hacía para este sitio. Los resultados de los análisis de datación resultaron muy diferentes a lo esperado ya que al parecer se fecharon dos eventos muy distintos, aunque las muestras estaban una junto a la otra. En este trabajo se presentará una comparativa entre las dataciones obtenidas por los métodos de Radiocarbono y Arqueomagnetismo y la importancia de conocer la relación de las muestras en el contexto arqueológico; así como la asociación de las muestras con el evento que se pretende datar. La conjunción de estos dos métodos de datación es esencial para una adecuada interpretación de los resultados, permitiendo distinguir la temporalidad de diferentes eventos en un mismo contexto como resultado de entender qué data cada muestra.

AR-13 CARTEL

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA CUYUXQUIHUI DEL VALLE DE TECOLUTLA, PAPANTLA, VERACRUZ

Morales Juárez Silvia Patricia, Morales Espinoza Karen, Pérez Jiménez Darinka Guadalupe y Zavala Arriaga María Mercedes

Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

silvia.morales@itspozarica.edu.mx

El proyecto se enfocó en diseñar un levantamiento topográfico de una zona arqueológica del Estado de Veracruz, en este caso se optó por la Zona Arqueológica de Cuyuxquihui ya que es una zona poco conocida. Se tuvo como objetivo realizar una investigación documental o descriptiva que abordará la historia del lugar, así como también se desarrolló una investigación en campo. Se empleó el uso del GPS, Nivel óptico, Cinta métrica, Flexómetro y Estadal para la obtención de datos. Como resultado del uso del GPS se obtuvo un panorama de la ubicación de las estructuras utilizando la herramienta Google Earth y con ayuda del nivel óptico y el programa AUTOCAD se logró crear un plano y un mapa 3D que refleja las características y detalles del lugar. Se comparó el plano propuesto por el INAH con el mapa resultante y se evidenció que algunas edificaciones de la zona fueron cubiertas o desaparecieron por completo debido a los cambios temporales que presenta y a los desastres naturales.

AR-14 CARTEL

ESTUDIO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA Y SENSORES AEROTRANSPORTADOS (UAV) EN EL REGISTRO DE CHINAMPAS ARQUEOLÓGICAS EN XOCHIMILCO

Acosta Guillermo, McClung Heumann Emily, Jiménez Delgado Gerardo, López Mejía Javier, Blancas Vázquez Jorge E. y Jiménez González Berenice

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

acostaocchoa@gmail.com

La utilización de imágenes multiespectrales de satélite es cada vez más común en los estudios regionales en arqueología, y su procesamiento permite localizar sitios arqueológicos o identificar rasgos arqueológicos particulares. Por otro lado, el empleo de vehículos aéreos no tripulados (UAV) ha sido creciente en los últimos cinco años, y ha permitido tener un registro topográfico más detallado de los elementos en superficie de un sitio arqueológico. Este es un intento de combinar imágenes satelitales multiespectrales, fotogrametría convencional y registro de imágenes en infrarrojo cercano (NIR), lo anterior con la finalidad de registrar chinampas arqueológicas en un sitio parcialmente destruido por actividades humanas modernas en el área de Xochimilco, al sur de la cuenca de México. Los resultados demuestran las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas, y la utilidad de emplearlos de manera conjunta para el registro a distintas escalas de sitios arqueológicos

AR-15 CARTEL

ANÁLISIS DE HACHAS Y CUENTAS EN PIEDRA VERDE DE UNA ALDEA DEL POCLÁSICO TEMPRANO EN XOCHIMILCO

Jiménez González Berenice¹ y Acosta Ochoa Guillermo²

¹*Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH*

²*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

rberenicejimenez@gmail.com

El estudio de las llamadas piedras verdes (jades químicos y jades culturales) principalmente, aunque no exclusivamente, jadeítas y serpentinitas, suele realizarse mediante métodos visuales altamente subjetivos. Con el fin de superar las asignaciones visuales a este tipo de materias primas, y con la finalidad de tener una mayor certidumbre sobre su composición mineralógica y procedencia, se analizó un conjunto de cuentas y hachas de piedra verde, mediante fluorescencia de rayos X (XRF) y espectroscopia de rayos X de dispersión de energía (EDS). Los resultados permitieron identificar, tanto serpentinita como jadeíta. La identificación de jadeíta fue un resultado particularmente interesante, debido a que Acatla, lugar donde fue localizada, fue una pequeña aldea que, de acuerdo con las tipologías de sitios propuestas hasta el momento, debió tener poco acceso a materiales foráneos. La presencia de cuentas de jadeíta y otros artefactos procedentes de diversas regiones como las conchas del Golfo y del Caribe, la obsidiana de Michoacán y la jadeíta del Motagua, contrasta con la poca o nula presencia de objetos extranjeros en aldeas de periodos más tardíos del área de Xochimilco, estos materiales sugieren un intercambio intenso y un acceso a productos de regiones más alejadas, así como una mayor independencia política por parte de estas comunidades.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizador
Elizabeth Solleiro

CS-1

PARAMETRIZACIÓN DE UN MODELO DE FLUJO Y DE TRANSPORTE PARA SUELOS REGADOS CON AGUA RESIDUAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO

Márquez Caballé Rafael Francisco¹, Prado Pano Blanca Lucía²,
Mora Palomino Lucy² y Pérez Vargas y Castor Ceres del Rosario¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

yaaxbalam@gmail.com

Los suelos del Valle del Mezquital (VM) en el estado de Hidalgo, han sido regados con aguas residuales desde hace más de cien años, con la finalidad de satisfacer el desagüe de las aguas negras y de lluvia de la Zona Metropolitana del Valle de México, lo que ha promovido una región con agricultura intensiva, a costa de cambios en la calidad de vida de los habitantes del VM. Para conocer los cambios que ocurren con los diferentes tipos de riego desde un punto de vista de la dinámica hidráulica de la zona vadosa, se estudiaron las propiedades de retención de humedad y conductividad hidráulica de tres perfiles de suelos procedentes de Tlahuailpan, Hidalgo, que han estado bajo riego con agua residual por un periodo de 90 años. Se evaluaron dos profundidades en cada perfil, correspondientes a horizontes arados (Ap, 0-10 cm) y estructurados (Ah, 30-40 cm), para caracterizar los parámetros requeridos por un modelo de flujo y de transporte que permita evaluar estas propiedades a través de relaciones semi empíricas para obtener las curvas de retención de humedad y la conductividad hidráulica a distintos valores de humedad en el suelo. Los parámetros obtenidos se compararon con los valores calculados en lisímetros con monolitos de suelos procedentes de la misma localidad, que se encuentran bajo estudio en la Estación de lisímetros de la UNAM, en donde son regados con dos tipos de agua residual: agua cruda y agua tratada. Los resultados muestran que las propiedades físicas de los suelos se ven modificadas por el tipo de riego y por el manejo de los horizontes, lo que altera las variables hidráulicas y de disponibilidad de agua para los cultivos, así como la movilidad de solutos. Estos resultados servirán para desarrollar modelación de flujo y transporte que permita evaluar tanto el destino de diferentes contaminantes, así como las funciones y potenciales de estos suelos tanto en el presente como en escenarios futuros de manera más precisa.

CS-2

VALORACIÓN DE RESPUESTA ELÉCTRICA DE UN SUELO A DIFERENTE CONTENIDO DE HUMEDAD

Teutli León María Maura Margarita, Sánchez Hernández Andrés Armando, Soto Castellanos Desiree, González Andrade Nadia Karina y Cuachoca Texca Nancy

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

maria.teutli@correo.buap.mx

En este trabajo se reportan resultados de muestras colectadas en la ribera del río Atoyac en la zona urbana de la ciudad de Puebla, se consideraron 5 ubicaciones, y para cada ubicación 3-4 sitios, así como colecta en 3-5 profundidades de cada sitio. Las muestras se pusieron a secar al aire, para posteriormente hidratarlas a 3 porcentajes de agua (17, 28, 38%) y registrar el potencial eléctrico que exhiben, mediante un arreglo de 2 electrodos de cobre y auxiliados por un multimetro. De los datos registrados se observa que hay variaciones importantes es decir el potencial registrado exhibe tanto valores positivos como negativos, asimismo hay variaciones importantes entre sitios y profundidades, utilizando el Minitab V.17, se elaboran histogramas acumulativos, obteniendo la media, y desviación estándar para cada sitio, de estos resultados se observa que para todas las ubicaciones el mayor valor de densidad corresponde al 17% de humedad, exhibiendo una gaussiana claramente separada de los otros porcentajes. Para el 28 y 38% de humedad, se tiene que las densidades y forma de las gaussianas son similares en tendencia, existiendo incluso sobreposición de las curvas gaussianas hasta en un 80% de su trayectoria. En cuanto a la media que provee el software se tiene que los valores para 28 y 38% de humedad son muy cercanos, mientras que la media del menor porcentaje de humedad (17%) es diferente de los otros porcentajes. Sin embargo, es importante resaltar que hay los valores de la media exhiben cierta dispersión ya que se tiene un sitio que exhibe $IEI < 3$ mV; tres sitios exhiben $IEI < 10$ mV, y sólo un sitio

registro valores de $IEI < 30$ mV. Palabras clave: suelo, potencial eléctrico, humedad, análisis estadístico.

CS-3

ALMACÉN EDÁFICO DE AGUA, C, N Y P EN EL SUELO A LO LARGO DE UN GRADIENTE HÍDRICO ASOCIADO A QUERCUS CASTANEA EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO

Chávez Vergara Bruno Manuel¹, Reyna-Pérez Juan Antonio²,
Condado-Mejía Paola³, Beltrán-Paz Ofelia¹ y Solleiro Rebolledo Elizabeth¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

chavezvb@geologia.unam.mx

En el escenario más adverso de cambio climático para Michoacán se espera que la temperatura promedio anual se incremente entre 3.5 y 5 °C, y ocurra una disminución de 24% en la precipitación anual media, lo cual sobrepasa el límite sugerido de 1.5°C para evitar la aridización de los ecosistemas. Con este escenario se espera una reducción mayor al 80% del área ocupada por algunas especies de encinos, lo cual afectaría la riqueza y los procesos ecológicos asociados a las especies de Quercus, entre ellos los que podrían estar el almacenamiento de agua y de nutrientes en los suelos. Una forma de atender las preguntas relacionadas con escenarios climáticos futuros es observar los procesos a través de gradientes ambientales, entre los más comunes se encuentran los asociados precipitación y la temperatura, o en su interacción como es el índice de Lang. Sin embargo, en estas aproximaciones rara vez se consideran las características pedogenéticas como un regulador importante en los procesos ecológicos y particularmente los biogeoquímicos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar el almacenamiento de agua, C, N y P en el suelo a lo largo de un gradiente hídrico asociado a Quercus castanea en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. Sobre lo cual hipotetizamos que serán las condiciones pedogenéticas y no las climáticas la principal fuente de variación a lo largo del gradiente de aridez, determinado a través del índice de Lang. Para lograr nuestro objetivo se identificaron cuatro puntos a lo largo de un gradiente de aridez cuya diferencia en los extremos es de 1.5 °C y 30% de precipitación en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán y en cada uno de ellos se abrió una calicata a 1 m de profundidad, se delimitaron los horizontes genéticos y se obtuvieron muestras inalteradas para la determinación de la densidad aparente y el punto de marchitez permanente, y muestras alteradas para la cuantificación de la concentración de C orgánico, N y P totales, la determinación de textura y humedad gravimétrica. Se calculó el contenido de agua, C orgánico, N y P totales de forma estandarizada a 1 m³ y se estableció su relación con la precipitación anual media, la precipitación media anual, el índice de Lang y el contenido de partículas minerales en los suelos. Los resultados obtenidos sugieren que las variables climáticas no explican la cantidad de agua y elementos almacenados en los suelos, sino que son las características edáficas las que regulan la capacidad de contenerlos, esto una vez que se determinó que los suelos muestran eventos poligenéticos que hacen que no haya un gradiente de desarrollo edáfico en el mismo sentido que las condiciones ambientales y que por lo tanto sean las características edáficas las últimas reguladoras y la principal fuente de variación en la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes en los suelos estudiados.

CS-4

EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO Y EXPRESIÓN DE GENES DE NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN EN RESPUESTA A LA SATURACIÓN DE AGUA EN SUELOS REGADOS CON AGUA RESIDUAL

Siebe Grabach Christina¹, Lüneberg Kathia¹, Cayetano-Salazar Mario¹,
Alcántara Rocío¹, Aguilar-Rangel Eduardo¹, Schneider Dominik² y Daniel Rolf²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²University of Göttingen

siebe@unam.mx

La irrigación de parcelas agrícolas con agua residual promueve la emisión de gases con efecto invernadero, especialmente durante y pocos días después del riego, donde prevalecen temporalmente condiciones anaerobias y se introducen grandes cantidades de nitrógeno al sistema. El objetivo de este trabajo fue estudiar la

respuesta de las comunidades microbianas del ciclo de nitrógeno considerando el estado de crecimiento del cultivo de maíz con la finalidad de comprender mejor las determinantes de la disponibilidad de nitrógeno para la planta y de los procesos responsables de sus pérdidas a la atmósfera. Para ello medimos la presencia de genes responsables de la desnitrificación y la nitrificación a través de transcritos de ARNm en muestras de suelo colectadas de diferentes parcelas sembradas con maíz cuando éste se encontraba en crecimiento vegetativo (30 días después de la siembra) y durante la maduración del grano (110 días después de la siembra). Las muestras se tomaron antes, durante y varios días después del riego a dos profundidades (0 a 10 y 30 a 40 cm) y en paralelo se cuantificaron los flujos de gases con cámaras estáticas a las que se conectó un medidor de gases que cuantifica cambios en la concentración de diversos gases mediante espectroscopía FTIR. En paralelo se colectaron muestras de suelo, de agua de riego y de agua de poro a las que se le determinaron características fisicoquímicas. Observamos picos de emisión de N₂O inmediatamente después de los riegos, y mayores al inicio del ciclo vegetativo. La estructura de las comunidades microbianas activas fue significativamente distinta a las dos profundidades de muestreo, mostrando cambios importantes en superficie, pero no a profundidad. En superficie dominó Nitrospira, mientras Nitrospira y C. Brocadia se mantuvieron a profundidad. La comunidad nitrificante activa no cambió en términos absolutos a lo largo de los ciclos de humedecimiento y secado, pero sí observamos un incremento relativo de transcritos de amoA, los cuales asociamos más bien a una inducción transcripcional que al crecimiento de bacterias oxidantes activas. Además, la comunidad heterótrofa puede estar jugando un papel más importante del previsto en la oxidación de amonio durante el anegamiento del suelo. El cambio súbito de la comunidad desnitrificante puede deberse o bien a su respuesta inmediata ante la saturación de agua, o a que es introducida al sistema con el agua de riego, donde encontramos presencia de varios géneros de desnitrificantes. Encontramos también concentraciones mayores de genes ARNm responsables de nitrificación y desnitrificación durante periodos de saturación, los cuales a su vez se correlacionan significativamente con las emisiones de N₂O. Lo anterior sugiere que las emisiones durante los riegos pueden ser atribuidas tanto a la nitrificación de amonio a nitrato seguida de la desnitrificación de éste, como también a un acoplamiento de ambas. Si bien la información obtenida mostró la relación entre la composición de la comunidad microbiana y la abundancia de grupos específicos que contribuyen a las emisiones de óxidos nitrosos, falta definir las tasas de cada proceso, para lo cual se requieren análisis isotópicos.

CS-5

PROCESOS EDÁFICOS Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN SAN JUAN DE LOS DURÁN, JALPAN, QUERÉTARO

Tapia Sánchez Xochitl¹, García Calderón Norma Eugenia¹, Martínez Valdez Alexandra Shaday², Resendiz Olvera Jaquelin² y Fuentes Romero Elizabeth¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Tecnológica de Querétaro, UTEQ

xotapia@geociencias.unam.mx

En la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Querétaro se permite un aprovechamiento moderado sobre los recursos del bosque, por tal motivo es necesario contar con datos cuantitativos para evaluar la provisión de servicios ecosistémicos y los cambios en los procesos edáficos. En la microcuenca de San Juan de los Durán (SJD) los bosques, se encuentran en fajas altitudinales angostas, favoreciendo la condensación de la humedad atmosférica, a la vez son vulnerables a los impactos de la actividad humana para mantener sus actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la extracción forestal que determinan el funcionamiento del recurso suelo en el ciclo del C, los ciclos de nutrientes y el ciclo hidrológico. Para contar con información sobre el comportamiento y las tendencias de los procesos de degradación en los que intervienen factores ecológicos y socioeconómicos, surge la necesidad de realizar estudios del impacto del cambio de uso en los procesos edáficos. SJD se localiza entre las coordenadas 14Q 481405.00 E, 2373958.00 N en la porción noreste de la Sierra Gorda de Querétaro. El paisaje se caracteriza por valles, procesos de disolución de calizas, formando una topografía kárstica. Los suelos se desarrollan a partir de rocas carbonatadas y lutitas, en un clima semicálido subhúmedo, con tma de 20.6 °C; y 2571 mm de pma. La comunidad de SJD se ubica en la subcuenca hidrográfica Gallinas (RH26Ck). Los sitios de muestreo se eligieron a partir del análisis ambiental del paisaje, delimitando las microcuencas por QGIS 3.16.5. La pendiente de la microcuenca SJD va de 0 a >35° desde zonas fuertemente inclinadas a zonas ligeramente inclinadas (<5%). Se identificaron tres usos de suelo: agrícola, pastizales y bosques secundarios (BS1 y BS2), en sitios que tuvieran una reconstrucción detallada de la historia de manejo en los últimos 30 años. El levantamiento edafocológico se obtuvo de cuadrantes de 25x25m, describiendo perfiles de suelo de cada uso y se colectaron muestras por horizontes cuantificar propiedades físicas y químicas: DA, textura, COS, N y pH. Los valores de DA para el suelo cultivado 1.2 g cm⁻¹ (±0.1) >pastizal 1.1 g cm⁻¹ (±0.1) indican disminución de la porosidad; el BS2=0.9 g cm⁻¹(±0.1) > BS1 = 0.7 g cm⁻¹ (±0.1) con mejores flujos biogeoquímicos. La textura varía de franco arcillo arenosa BS1 a arcillosa en los otros usos. El pH varía de moderadamente ácido a básico. El carbono orgánico varía de 6.7% (±2.9) BS1 a 4.6% en el pastizal. Como servicios ecosistémicos del bosque, se identifican regulación, provisión, soporte y culturales. Los datos obtenidos sirven como una línea base para conocer el impacto de uso del suelo o de la modificación de la cobertura forestal.

CS-6

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO DE SUELOS AGRÍCOLAS AL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO ABONADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS DE DIFERENTE ORIGEN, ALTERNATIVAS DE USO PARA SU CONSERVACIÓN

Rivera-Uría María Yazmin¹, Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Díaz-Ortega Jaime¹, Alcalá-Martínez René¹, Chávez-Vergara Bruno¹, Martínez-Jardines Gerardo¹, Beltrán-Paz Ofelia¹ y Vela-Correa Gilberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco

petuzza@gmail.com

La historia de uso del recurso suelo al sur de la Ciudad de México se remonta desde época prehispánica. Actualmente muchos los sitios presentan alteraciones físicas y químicas, como es el caso de los suelos ubicados en las laderas los cuales muchos se encuentran desprotegidos de vegetación y como consecuencia presentan erosión, baja fertilidad y en algunos casos no existe un horizonte orgánico. Los agricultores han tenido la necesidad de construir terrazas para detener la erosión y usar fertilizantes químicos para tener buenas producciones. El objetivo de este trabajo fue conocer los cambios micromorfológicos en la agregación de las partículas de un suelo de origen volcánico con uso agrícola que presenta una débil estructuración y baja fertilidad fue inoculado con diferentes tipos de enmiendas orgánicas dentro de un diseño experimental realizado en invernadero. Se tomó muestra superficial (Ap) del suelo agrícola que proviene de una ladera norte del volcán Teuhtli en Tulyehualco, Xochimilco dentro de la Ciudad de México. Las enmiendas orgánicas empleadas fueron estiércol (Es), composta (Co), residuo de nopal fresco (Nf), biodigestato de nopal (Bd), fertilizante químico Triple 16 (T16) y sin enmienda (Ne). A todos los tratamientos se les sembró avena criolla Avena sativa L. El experimento se trabajó en invernadero con una duración de 5 meses, donde se tomaron muestras inalteradas para los estudios micromorfológicos y estabilidad de agregados en agua (EAA). Los resultados micromorfológicos mostraron que el tratamiento (Ne) no presenta una estructura bien definida, la mayoría de las partículas se encuentran de forma dispersa sin formar agregados, los restos de raíces no son abundantes, identificando coprolitos en su interior, además que la EAA es del 19%. El tratamiento (T16) no presenta una estructura bien definida, la porosidad está dominada por grietas con presencia de raíces y una EAA del 15%. El tratamiento (Es) se identificó una reorganización del suelo que fue mezclado con el abono, se observaron agregados redondeados, abundantes restos de raíces con coprolitos dentro de las mismas, en superficie se observa costras de desecación conformadas por material fino, teniendo la EAA más alta con 40%. Otro cambio importante lo presentó (Nf), se observó una alta porosidad y formación de agregados redondeados de varios tamaños debido a la mezcla del abono, también presenta costras de desecación en superficie, con EAA del 35%. El tratamiento (Co) presenta en su mayoría grietas con una misma orientación y abundan los restos de raíces con restos orgánicos, la EAA del 20%. Finalmente, en (Bd) la mayoría de la porosidad está conformada por grietas sin una evidente formación de agregados, este tratamiento abundan los restos de raíces y una EAA más baja con 15%. Se puede concluir de este bioensayo que los tratamientos orgánicos con estiércol y el residuo de nopal fresco se identificaron la formación de pequeños agregados que pueden aportar una mejor estructura al suelo y la mayor EAA, proponiendo alternativas viables de manejo y mejoramiento para un uso sustentable del suelo.

CS-7

EFFECTO DEL MANEJO AGRÍCOLA EN LA RESPIRACIÓN BASAL DE ANDOSOLE SILÁNDICOS CULTIVADOS EN LA SIERRA DEL CHICHINAUTZIN

Avilés Junco Carolina¹, Mora Palomino Lucy², Prado Pano Blanca Lucía² y Abbruzzini Thalita³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo

katunkora@comunidad.unam.mx

La respiración basal del suelo (RBS) es una de las propiedades edáficas más sensibles al manejo agrícola en el corto plazo, por lo que se le considera un indicador útil en el diagnóstico de su calidad y degradación. Dicho parámetro regula su fertilidad y su capacidad de almacenamiento de C (Singh et al. 2021); asimismo, juega un papel crítico en la regulación de la concentración del CO₂ atmosférico y en la dinámica del clima terrestre (Luo y Zhou, 2006). En este estudio se evaluó el efecto del manejo agrícola en la respiración basal de andosoles cultivados de la sierra del Chichinautzin; esta serranía comprende una formación montañosa de origen volcánico que desde hace cerca de 70 años se encuentra sujeta a una dinámica intensiva de cambio de uso de suelo (forestal-agrícola) provocada por el crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México, los principales cultivos en la zona son la avena forrajera y la papa (que se produce en un esquema de rotación anual con avena), ambos de temporal y semimecanizados. A diferencia de la avena, la papa requiere un mayor número de operaciones de labranza, es un cultivo de menor cobertura y su producción implica el uso de importantes cantidades de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes). En la zona se seleccionaron tres parcelas cultivadas con papa en rotación con avena, tres parcelas cultivadas con avena de manera continua y tres lotes de pasto como controles, todos los sitios se ubicaron en un piedemonte medio volcánico a altitudes que oscilan entre los 3200 y 3080 msnm, bajo un clima

semifrio subhúmedo con veranos fresco, temperaturas que oscilan entre los 5°C y 12°C y una precipitación media anual de 1024 msn. La respiración basal de los suelos, se evaluó en muestras compuestas, colectadas en el horizonte superficial de cada parcela (0-15 cm), mediante la realización de experimentos de incubación en condiciones controladas de temperatura y humedad. Se probaron tres distintos tipos de tratamientos: suelo fortificado con metribuzin (herbicida más utilizado en el cultivo convencional de papa), suelo fortificado con 2,4-D (herbicida utilizado en la producción de la avena) y suelo sin herbicidas. La emisión de CO₂ en cada tratamiento se cuantificó mediante el uso de trampas de NaOH. La comparación de la RBS entre tipos de manejo y entre tratamientos se realizó mediante análisis estadísticos de tipo ANOVA. La RBS resultó ser significativamente mayor en suelos bajo pasto que en suelos cultivados con papa, lo que da cuenta del efecto deletéreo del manejo agrícola asociado a la producción del tubérculo en la actividad biológica de los suelos. En todos los suelos la adición de herbicidas tuvo un efecto estimulante en la RBS, lo que posiblemente se deba a su propia mineralización.

CS-8

EFECTO DEL FUEGO EN SUELOS DE AMBIENTES KÁRSTICOS DE YUCATÁN: EVIDENCIAS DEL IMPACTO HUMANO

Solleiro Rebolledo Elizabeth¹ y Moreno Roso Sol de Jesús²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

solleiro@geologia.unam.mx

El fuego afecta las propiedades morfológicas, físicas, químicas y biológicas de los suelos. Algunas de las propiedades permanecen en el tiempo, de forma que pueden ser usadas en la reconstrucción de la historia del paisaje. Los sistemas kársticos son muy sensibles a los cambios ambientales, incluyendo los ocasionados por incendios naturales e inducidos. Uno de los cambios más notables es el incremento de la erosión vertical y lateral a través de los conductos kársticos. En la zona maya de Yucatán, el efecto del fuego es notable, dada la práctica ancestral de la tumba-roza y quema en la agricultura. Es por ello que una parte importante de la cubierta edáfica es removida y depositada en diferentes posiciones. En este trabajo presentamos evidencias macro y micromorfológicas del impacto del fuego en suelos y pedosedimentos localizados en las depresiones kársticas: dolinas, bolsas y cuevas. Los materiales de estudio fueron colectados en la zona comprendida entre Playa del Carmen y Tulum, en una cantera usada para la extracción de caliza. Se muestrearon suelos y pedosedimentos en cuevas y bolsas kársticas, los cuales presentaban variaciones de color evidentes (suelos pardos y amarillentos), en comparación con los suelos superficiales (suelos de color negro), además de una gran cantidad de carbón, cerámica y fragmentos de conchas. Bajo el microscopio observamos rasgos relacionados con el efecto del fuego: agregados redondeados, carbón, pérdida de la estructura, restos de ceniza, huesos y conchas quemados. Las edades de radiocarbono del carbón encontrado en los suelos corresponden con la ocupación maya en la región, por lo que se plantea que el área fue quemada, provocando la erosión de los suelos. Con esta información generamos un modelo de cambio ambiental derivado del impacto antrópico.

CS-9

PARÁMETROS MAGNÉTICOS COMO IDENTIFICADORES INDIRECTOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PB EN SUELO Y POLVO URBANO EN CIUDADES DE MÉXICO

Cejudo Ruiz Fredy Ruben¹, Goguitaichvili Avto¹, Morales Juan¹, Peña Laura², Bautista Francisco³, Cortés José Luis⁴, Aguilar Daniel⁵, Limon Carlos⁵, Gómez María de la Luz⁶ y Polet Karen⁶¹Instituto de Geofísica, UNAM²Universidad de Guadalajara, UdeG³Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental⁴CINVESTAV Unidad Mérida⁵Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP⁶Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM

xinef2005@yahoo.com.mx

El plomo (Pb) es un elemento que se encuentra en la corteza terrestre y tiene varias aplicaciones industriales. Sin embargo, es un elemento extremadamente peligroso para la salud humana y para el medio ambiente. La OMS lo ha categorizado como uno de los 10 productos químicos de mayor preocupación ya que afecta diversos sistemas del organismo. Los grupos de mayor vulnerabilidad a la exposición de plomo son los niños y las mujeres embarazadas. Una de las fuentes antrópicas de Pb estuvo relacionada con el uso de gasolina adicionada con Tetraetilo de plomo, debido al incremento de parque vehicular en las ciudades, existe una cantidad desconocida de plomo en su superficie. En México, el parque vehicular dejó de consumir gasolina con Tetraetilo de plomo entre 1989 a 1991, lo que disminuyó los niveles de Pb en el aire. Sin embargo, el Pb es un elemento no biodegradable por lo que se encuentra presente en varias ciudades. Actualmente, se explora el uso de parámetros magnéticos como un indicador de concentración de Pb, debido a que el Pb muestra una asociación con Fe. Los minerales magnéticos como magnetita (Fe₃O₄) y óxidos de la serie de la titanomagnetita son capaces de absorber y adsorber iones de elementos pesados como el Pb. Las mediciones magnéticas pueden ser un método rápido para establecer la concentración de Pb en diferentes tipos de muestras. De esta forma, se plantea el uso de parámetros magnéticos

como identificadores indirectos de la concentración de Pb en suelo y polvo urbano en ciudades de México. En el siguiente trabajo, se presentan los resultados de la concentración de Pb, y su relación con los parámetros magnéticos de susceptibilidad magnética y magnetización remanente isoterma para la Ciudad de México, Toluca, Morelia y Guadalajara.

CS-10

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS COMO INDICADORES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN LA REGIÓN CARBONÍFERA DE COAHUILA

Almaguer Carmentes Yuri, López Saucedo Felipe de Jesús, Batista Rodríguez José Alberto, Acosta Gauna Sofía, Batista Cruz Ramón Yosvanis, Díaz Martínez Roberto, Rodríguez Vega Antonio y Blanco Moreno Jesús Antonio

Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila

y_almaguer@uadec.edu.mx

Se realiza un análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos con vista a identificar indicios de degradación de suelos en el caso de estudio de la Región Carbonífera de Coahuila y sirva de base a los planes de manejo y conservación de los suelos. La metodología aplicada integra la recolección y análisis de 32 muestras de suelos siguiendo las pautas de la NOM-021-RECNAT-2000. Para los análisis de laboratorio, las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas a una granulometría # 2 mm, obteniendo una masa final de 500g. Se realizaron mediciones de pH, conductividad eléctrica (CE), potencial de oxidación-reducción (ORP), susceptibilidad magnética (SM), radiactividad natural (RN), contenidos de uranio, torio y potasio, y contenidos de nutrientes (N, P, K), así como la determinación de reacciones de carbonatos. La base de datos obtenida fue analizada con estadística multivariada y utilizada para la creación de mapas de parámetros físico-químicos. El análisis multivariable identifica 4 factores, donde del factor 1 al 4 se describe el 31.99%, 21.75%, 16.23% y 11.22% respectivamente el comportamiento de las variables. El factor 1 detalla el comportamiento físico-químico del suelo, determinando las condiciones de acidez-alcalinidad, movilidad o acumulación, y de oxidación-reducción de los elementos químicos, representado por las variables y valores de influencias respectivos pH (-0.91), RE (-0.71), CE (0.84) y ORP (0.88). El factor 2 está representado por la RN (-0.82) y el U (-0.95), y representa la radiactividad de los suelos, y con la cantidad de materia orgánica y contenido de arcillas. Los factores 3 y 4 están conformados por Th (-0.92) y SM (0.91) respectivamente. El estudio muestra predominio de texturas limo-arenosas y arcillosas, y coloraciones de tonos café (oscuro-claro), grises-beige y cuatro muestras de color negro. Según los análisis de pH, las muestras de suelos se clasifican medianamente alcalinos, excepto las muestras T-27 y T-28, que sus valores son de 3.8 y 4.2 respectivamente, clasificados como fuertemente ácidos. Con respecto al comportamiento de los nutrientes, el N y el P tienen contenidos mínimos en la mayoría de las muestras, en niveles bajos a traza y las restantes muestras con niveles medios de concentración; el K muestra niveles altos a medios de concentración en un total de 29 muestras. Los valores de susceptibilidad magnética permiten identificar suelos muy ferromagnéticos en la sierra Santa Rosa (T-15, T-17, T-18), debido presumiblemente a la presencia de cuerpos de calaminas que afloran en cauces fluviales de la vertiente noreste de dicha sierra; también hay suelos ferromagnéticos al sur de Nueva Rosita (T-27, T-28), cercanos a plantas procesadoras y depósitos de jales de carbón. La radioactividad gamma natural indica que la concentración de U es más elevada que el K y Th, y está estrechamente ligada a la presencia de materia orgánica en los suelos y a texturas limoso-arcillosas.

CS-11

EN BÚSCUDA DE LAS EVIDENCIAS DE LA PEDOGÉNESIS ANTRÓPICA TEMPRANA: EL CASO DE LOS TECHNOLES PALEOLÍTICOS EN KOSTENKI

Sedov Sergey¹, Kurgaeva Anastasiya², Moreno Sol³, Chávez Bruno¹, Ortega Beatriz⁴, Barceinas Hermenegildo⁴ y Sinityn Andrei⁵¹Instituto de Geología, UNAM²Universidad Estatal de Tyumen, Rusia³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM⁴Instituto de Geofísica, UNAM⁵Institute for History of Material Culture, San Petersburgo, Rusia

serg_sedov@yahoo.com

El impacto antrópico en la cubierta edáfica ya tiene efecto a escala global lo cual permite considerar al ser humano como un sexto factor-formador de los sistemas pedológicos. Sin embargo, las etapas tempranas de este impacto están aun poco documentadas. Se sugiere que la mayor transformación de los suelos por la actividad humana temprana coincide con la revolución neolítica, que inició hace alrededor de 12,000 años, ya que está asociada con el sedentarismo y el desarrollo de la agricultura. Mientras que, el impacto de las culturas paleolíticas de cazadores-recolectores nómadas se considera mínimo y es poco perceptible en el registro edáfico. No obstante, en los últimos años se reportan evidencias paleobotánicas sobre cambios ecosistémicos a mayor escala, generados por las sociedades del Paleolítico Superior e incluso del Paleolítico Medio, que hipotetizamos pudieron provocar la transformación de los suelos y cuya información quedó registrada en la "memoria edáfica". Para probar esta hipótesis se realizó un estudio paleopedológico con énfasis en los horizontes organominerales oscuros de la "Unidad Húmica Superior" asociada con los estratos culturales II y III, formados

entre 31.5 y 36.6 ka BP de los paleosuelos sepultados en el sitio Paleolítico Kostenki 14 y 17, en el centro de Rusia europea. En las secuencias más detalladas se observan cuatro horizontes de este tipo que se asocian con los interestadiales del registro paleoclimático de Groenlandia número 5,6,7 y 8, respectivamente. En estos horizontes la acumulación de un humus oscuro, junto con el desarrollo de una microestructura granular biogénica y la neoformación de carbonatos secundarios, fueron explicados como evidencias de la pedogénesis en ecosistemas de estepas frías, típicas en esta región durante del Estadio Isotópico Marino 3. En el marco de esta versión, los picos máximos de susceptibilidad magnética en estos horizontes fueron interpretados como resultado de realce pedogenético. Mientras que, estudios micromorfológicos detallados demostraron la presencia frecuente de materiales introducidos por los humanos: micropartículas de carbón y hueso quemado. Por otra parte, el análisis de la materia orgánica con el método de ATR/FT-IR revela evidencias de que una gran parte de los compuestos aromáticos, que proporcionan pigmentación oscura, tienen origen pirogénico. Además, un estudio más detallado de las características magnéticas, utilizando parámetros ARM, IRM y SIRM, llevó a la conclusión de que, por lo menos en algunos de los horizontes oscuros el pico máximo de susceptibilidad magnética está condicionado por efectos de quema y neoformación de minerales ferrimagnéticos pirogénicos. Estos resultados demuestran que, una gran parte de los componentes y propiedades de los horizontes oscuros en la "Unidad Húmica Superior" del sitio Kostenki fueron generados muy probablemente por impacto humano mediante la promoción de quemaduras y la incorporación de materiales antrópicos relacionados con las actividades domésticas realizadas en este asentamiento. Con base en estas inferencias proponemos que, los paleosuelos de esta unidad pueden ser interpretados como technosoles fósiles.

CS-12

PEDOGÉNESIS ACELERADA EN JALES MINEROS Y LA INFLUENCIA DEL HIDROTHERMALISMO EN EL MATERIAL PARENTAL DE TECHNOSOLES: CASOS COMPARATIVOS DE PEÑA COLORADA, COLIMA Y CANANEA, SONORA

Díaz Jaime¹, Cabadas-Báez Héctor², Sedov Sergey³, Solleiro Rebolledo Elizabeth³, Romero Francisco³ y Martínez-Jardines Gerardo³

¹Instituto de Geología, Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

³Instituto de Geología, UNAM
biotic78@yahoo.es

La búsqueda de tecnologías limpias y el reúso de materiales de extracción que generen el menor impacto ambiental y social posible ha generado el interés en la experimentación con los procesos pedológicos que permitan la rehabilitación de las funciones y servicios ecosistémicos del suelo. Se caracteriza dos zonas donde se han desarrollado suelos artificiales con material parental de jales de minas, se trata de los yacimientos de Peña Colorada y Cananea, donde diversas fases de actividad magmática generaron mineralizaciones de hierro y cobre, respectivamente, a lo largo del Cenozoico. Los procesos de extracción, generaron como desecho un "sedimento artificial o tecnogénico" que contiene como herencia fases minerales susceptibles al intemperismo y al desarrollo de pedogénesis. Dicha susceptibilidad, está controlada por microsistemas muy específicos asociados a paragénesis y texturas hidrotermales (mediante el aporte de alteraciones con presencia de sericita, oxidación de sulfuros y minerales ferromagnesianos, entre otros rasgos de interacción fluido-roca, similares a los presentados en el intemperismo químico), además de la vinculada a la acción biológica (ataque y colonización selectiva de organismos vegetales en zonas de debilidad estructural mineral). Se presenta un contraste en cuanto a los tratamientos de enmiendas orgánicas y exposición a la oxidación (cercanía a cambios de nivel de agua que afectan a ciertos jales, como es el caso de Cananea), además del monitoreo de propiedades físicas, químicas y fertilidad del suelo. Los resultados preliminares, han mostrado que en los Technosuelos desarrollados a lo largo de diversos años existe formación de agregados incipientes muy relacionados a la acción de raíces y acreción selectiva y coalescente de la materia orgánica con partículas minerales (particularmente de Feldespatos potásico-ortoclasa, epidota y fragmentos de roca con alteromorfos inestables, así como en micas dispersas en la masa basal), lo que ha permitido una evaluación reconocible de porosidad, desarrollo de microestructura granular y pedoplasma direccionados a la recuperación de la capa edáfica.

CS-13 CARTEL

VARIACIONES DE MINERALOGÍA MAGNÉTICA Y MICROMORFOLOGÍA EN SUELOS DE UNA CLIMOSECUENCIA DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO, COMO INDICADORES DE LAS CONDICIONES PALEOAMBIENTALES DURANTE EL HOLOCENO

Valera Fernández Daisy¹, Ortega Guerrero Beatriz² y Solleiro Rebolledo Elizabeth¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

daisyvalera1988@gmail.com

El clima es un factor importante que afecta la señal mineralógica magnética y las características micromorfológicas de los suelos y paleosuelos. Varios estudios han establecido las relaciones entre la micromorfología y la mineralología magnética de

estos archivos con los cambios en las condiciones ambientales del Cuaternario. En esta investigación se analizaron cuatro perfiles de suelo (TAC1, TAC2, TAC3 y LV) en diferentes áreas del Cinturón Volcánico Transmexicano con condiciones climáticas constantes cercanas a dos cuencas lacustres: la Alberca de Tacámbaro (Michoacán) y Laguna Verde (Los Tuxtlas, Veracruz). Los análisis de micromorfología y mineralogía magnética se complementaron y compararon con estudios de color y textura de los horizontes del suelo y la información se cotejó cronológicamente mediante la datación con ¹⁴C de 4 horizontes. Los resultados de la investigación muestran que existe una diferencia entre la micromorfología, las propiedades magnéticas de los suelos y su grado de pedogénesis. Los perfiles TAC1, TAC2 y TAC3 están formados principalmente por horizontes Bw mientras que en el perfil LV identificamos horizontes tipo Bt y Btg. Respecto a la micromorfología en el caso del perfil LV pudimos identificar abundante iluviación de arcilla y moteados de óxido de hierro y manganeso mientras que en los perfiles de la Alberca de Tacámbaro son más notorios rasgos como la estructura en bloques subangulares y la presencia de restos de plantas y raíces parcialmente intemperizadas y fragmentos de rocas. Se observó en el perfil LV una mayor concentración de minerales magnéticos de mayor tamaño mientras que en TAC1, TAC2 y TAC 3 presentan bajas concentraciones de minerales magnéticos dominados por partículas finas. Las firmas isotópicas de ¹³C indican una cobertura vegetal con mayor presencia de plantas tipo C3 como árboles en los perfiles de Michoacán (-24.3 o/oo) en comparación con el perfil de Veracruz (-18.1 o/oo). El análisis de estos paleosuelos holocénicos con edades entre 2009 cal AD (perfil LV, horizonte Bt) y 1956 cal AD (perfil TAC1, horizonte Bw1) sugiere que su desarrollo está relacionado con un ambiente cálido y húmedo, coincidiendo con varios registros regionales, como los sedimentos lacustres.

CS-14 CARTEL

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS CON AS Y PB

Tapia Romero Gabriela, Mishelle, Ceniceros Gómez Agueda Elena, Acosta Gordillo Yordhi, Martínez Jardines Luis Gerardo y Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gabtaprom@gmail.com

El suelo no es cualquier objeto que puede ser reemplazado con facilidad; es el producto de miles de años de cambios; es un recurso no renovable; un sistema complejo compuesto de múltiples variables, desde el clima hasta componentes biológicos y químicos, todo esto interactuando de manera simultánea. Por lo anterior es que se vuelve necesario que un país minero como México ponga en marcha programas eficaces y económicamente viables, de remediación de suelos contaminados en los lugares donde han existido minas, ya que, además de asegurar el bienestar de la población y medio ambiente, la recuperación del suelo como recurso es de suma importancia. Existe una zona en el estado de San Luis Potosí, México, que se encuentra contaminada con diferentes metales y metaloides; de estos resalta la elevada y peligrosa presencia de los elementos Arsénico y Plomo. El arsénico es reconocido por ser un elemento altamente tóxico, capaz de dañar de manera permanente a cualquier ser vivo (animal y vegetal). Del mismo modo, el plomo interfiere en reacciones bioquímicas que afectan al ser humano (y medio ambiente), provocando padecimientos neurológicos, principalmente. El sitio contaminado tiene cantidades peligrosas de los elementos mencionados, además de cadmio, cromo, vanadio, entre otros. En este proyecto se realizó la caracterización y rehabilitación de un suelo contaminado con diferentes elementos nocivos. Se evaluó la efectividad de diferentes tratamientos químicos, físicos y biológicos para la remediación del sitio. Las técnicas seleccionadas para la remediación del suelo fueron: lavado químico, aplicación de enmiendas orgánicas y fitoremediación. Adicionalmente, se espera no sólo la remediación del suelo, sino la recuperación del lugar (y en medida de lo posible, la fertilidad) para que deje de representar un peligro ambiental y pueda emplearse para otros fines. Una opción para la remediación es que se pueda modificar la geodisponibilidad o movilización ambiental de los contaminantes, esto quiere decir que no se disipen hacia otras zonas o medios abióticos como suelo y/o agua, para que no lleguen a afectar otras zonas naturales, así como la salud de la población cercana al lugar. Parte de la relevancia de este proyecto radica en el hecho de que México es mundialmente reconocido como uno de los principales países mineros. La minería es un pilar importante en nuestra economía, sin embargo, los procesos de extracción muchas veces implican la movilización de elementos nocivos (como el arsénico), por lo que la contaminación del medio ambiente se vuelve inevitable, y las consecuencias no sólo repercuten en la vegetación o cuerpos de agua, sino que muchas veces son las poblaciones asentadas cerca de las minas o industrias extractivas las que comienzan a presentar problemas de salud.

CS-15 CARTEL

RELACIÓN ENTRE PROCESOS PEDOGENÉTICOS SUPERFICIALES Y DESARROLLO DE ESPELEOTEMAS DE HIERRO EN UN TUBO DE LAVA EN XALAPA, VERACRUZ

Martínez-Pabello Pavel Uliyanov, López Rafael, Baños Andrea, Guzmán Andrea, Sedov Sergey y Solleiro Rebolledo Elizabeth
Instituto de Geología, UNAM

pavel.martinez@ciencias.unam.mx

Los espeleotemas son depósitos minerales formados dentro de tubos de lava que poseen una forma determinada. En Xalapa, Veracruz, existe un tubo de lava que posee acumulaciones importantes de óxidos de Fe. El goteo constante dentro de la cueva, produce espeleotemas de decenas de centímetros de altura formados casi en su totalidad por óxidos de hierro. Nuestro estudio pretende comprobar la hipótesis de que la cubierta edáfica superficial fuera la fuente de hierro para dichas neoformaciones subterráneas. Los suelos que se encuentran en la superficie sobre el tubo de lava en el exterior, son utilizados para ganadería, además de estar constantemente inundados para mantener dicha actividad. Los suelos de tipo Andosol, son comúnmente de origen volcánico, lo que promueve que exista intercambio catiónico, presencia de materia orgánica y tengan estructuras porosas. En el presente trabajo se estudiaron dos perfiles de suelo que se encontraban sobre un tubo de lava en donde se formaron espeleotemas de óxidos de Fe. Observaciones hechas en campo y de lámina delgada en suelos y espeleotemas, sugieren que existen por lo menos dos procesos de movilización de Fe desde el suelo a la cueva: 1) procesos de intemperismo antiguos del material parental generaron grandes cantidades de óxidos de Fe, posteriormente por procesos redox el Fe²⁺ se movilizaría a través de poros y microconductos en el suelo; estos procesos fueron detectados por las observaciones micromorfológicas en los horizontes profundos de perfiles fuera del área ganadera. Allí se encontraron los pseudomorfos de arcilla sustituyendo los materiales volcánicos (evidencias de intemperismo) y nódulos de óxidos de Fe que indican procesos redoximórficos, y 2) la constante actividad ganadera (inundaciones del suelo, materia orgánica) y participación de microorganismos reductores de Fe, hacen que las reacciones redox en el suelo permitan la movilidad de Fe²⁺. Este proceso está evidenciado por la presencia de cutanes ferruginosos en los horizontes A de suelos dentro del área ganadera. Por otro lado, estudios de Fluorescencia de Rayos X (XRF), indican que el porcentaje en masa de óxidos de hierro las muestras de suelo y de dentro del tubo de lava es igual o incluso mayor para el caso de los espeleotemas, lo cual sugiere una acumulación constante de Fe. Ambos procesos provocan que existan neoformaciones de espeleotemas compuestos casi en su totalidad de óxidos de Fe. Sin embargo, es aún incierto saber cuál de los dos procesos ha generado mayor movilidad de hierro desde el suelo (en el exterior) y su posterior acumulación (en forma de neoformaciones de espeleotemas) en el interior del tubo de lava.

CS-16 CARTEL

CAMBIOS QUÍMICOS Y EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA DURANTE LA DESCOMPOSICIÓN DEL SARGAZO (SARGASSUM SP.) EN COZUMEL, MÉXICO

Chávez Vergara Bruno Manuel, Solleiro Rebolledo Elizabeth, López-Martínez Rafael y Beltrán-Paz Ofelia
Instituto de Geología, UNAM

chavezvb@geologia.unam.mx

En la última década, algunas costas del Caribe mexicano han recibido un incremento notable en el arribo y depósito de macroalgas del género *Sargassum*, genéricamente denominado sargazo. Se calcula que tan sólo en 2018 se acumularon 275,000 metros cúbicos en 6 kilómetros lineales de costa en pilas de hasta 50 cm de altura. Se ha reportado que la biomasa del sargazo presenta una elevada concentración de nitrógeno, polisacáridos hidrolizables y compuestos fenólicos lo cual genera un escenario interesante para su utilización como biofertilizante. Sin embargo, se ha reportado que esta biomasa puede contener una elevada concentración de elementos potencialmente tóxicos, lo cual genera potencialmente un problema económico, ambiental y de salud para los pobladores de las zonas impactadas. Sin embargo, aun cuando el tema es de elevado interés, se conoce muy poco sobre el proceso de descomposición de la biomasa de sargazo una vez que se ha arribado a la costa. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo Caracterizar los cambios en la composición química y actividad microbiana durante la descomposición in situ del sargazo en Cozumel, México. En septiembre de 2018, se seleccionó un sitio rocoso donde se había acumulado sargazo desde el inicio del arribo en junio del mismo año y se abrió un corte en la pila para identificar la formación de estratos hasta el contacto con la roca. En cada estrato se colectaron muestras, las cuales fueron almacenadas a 4°C hasta su análisis en laboratorio. Se cuantificó el pH, conductividad eléctrica, concentración de C, N y P totales y sus relaciones estequiométricas, concentración total y en lixiviados de As, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, Pb, biomasa microbiana, actividad enzimática y se caracterizó la composición química de la biomasa de sargazo mediante ATR-FTIR. Se observó que el sargazo acumulado se estratificó en cuando menos cinco capas reconocibles, esto de manera análoga a lo que ocurre con el mantillo en ecosistemas terrestres con diferencia que estos se mantienen con humedad <50%. La estratificación sugiere que el tiempo transcurrido desde el arribo hasta la colecta ha sido suficiente para la diferenciación morfológica del material vegetal, el cual llega a condiciones de fragmentación avanzada en la capa más profunda. La composición

química se diferenció entre estas capas mostrando la preservación principalmente de compuestos aromáticos y alifáticos en el estrato más profundo, mientras que la concentración de elementos potencialmente tóxicos, la concentración de C y N y la eficiencia de la comunidad microbiana disminuye en favor de la profundidad. Lo anterior, resulta de interés para comprender la dinámica de la descomposición y la heterogeneidad de la biomasa de sargazo depositada en costa y su posible empleo como biofertilizante.

CS-17 CARTEL

EFFECTO A CORTO PLAZO DEL CAMBIO DE FERTILIZACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE AVENA Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN UN AGROECOSISTEMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Beltrán-Paz Ofelia, Chávez-Vergara Bruno, Solleiro Rebolledo Elizabeth, Rivera-Uriá María Yazmin, Díaz-Ortega Jaime, Alcalá-Martínez René y Martínez-Jardines Gerardo
Instituto de Geología, UNAM

ofe.ivette@ciencias.unam.mx

La producción en agroecosistemas no lacustres de la Ciudad de México es una práctica ambiental, económica y social de amplia relevancia. Sin embargo, los suelos de estos agroecosistemas presentan problemas de fertilidad relacionados con la disminución de la materia orgánica del suelo, lo cual limita la producción agrícola y la provisión de otros servicios ambientales. Para lo cual la adición de enmiendas orgánicas resulta una alternativa adecuada. Sin embargo, es escasa la información sobre la respuesta a corto plazo en la productividad de los cultivos, lo cual es de amplio interés para los productores, pero es más escasa aun la información sobre la respuesta de la comunidad microbiana del suelo. Agronómicamente se busca que un cambio en las prácticas de manejo no generen detrimento en la productividad mientras que ecológicamente la respuesta deseable es incrementar la eficiencia en el uso de recursos y promover la actividad microbiana que sostiene la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto a corto plazo de la adición de enmiendas orgánicas sobre la producción de biomasa y la actividad microbiana en suelos agroecosistemas de la Ciudad de México. Para llevar el cabo el presente estudio, se diseñó un experimento en bloques, donde se establecieron tratamientos de adición de: a) estiércol, b) lombricomposta, y fertilizante inorgánico (16% N-16% P-16% K) el cual es el manejo convencional para el cultivo de avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus* sp.). Al final del ciclo productivo, se cosechó la biomasa aérea y subterránea y se colectaron muestras de suelo a 10 cm de profundidad. A todas las muestras se les cuantificó el C y N total y a las muestras de suelo se les cuantificó así también el carbono en biomasa microbiana, la actividad enzimática y la mineralización potencial de C y la tasa de descomposición y estabilización de los residuos vegetales. De forma consistente para ambos cultivos en el tratamiento con estiércol se acumuló mayor cantidad de carbono en la biomasa aérea lo cual afecta positivamente el rendimiento de los cultivos y provee de mayor cantidad de residuos asociados a raíces a incorporarse al suelo, los cuales presentan en este mismo tratamiento una mayor promoción en formación de la biomasa y la actividad de la comunidad microbiana con una mayor eficiencia en el uso de recursos, lo cual sugiere que un cambio de manejo hacia fertilización basada en enmiendas orgánicas puede ser una estrategia de mitigación de la degradación a corto plazo de los suelos de estos sistemas productivos.

CS-18 CARTEL

ARSENIC AND LEAD IN THE SOILS OF SAN ANTONIO-EL TRIUNFO MINING DISTRICT, B.C.S., MEXICO: A HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT

Hernández Mendiola Ernesto y Martín Romero Francisco
Instituto de Geología, UNAM

ernestohm@geologia.unam.mx

The MD SA-ET in Baja California Sur, Mexico, had over 200 years of intermittent mining activities. Studies in the area have reported Pb, Cd, Zn, and As dispersion from waste to soils, sediments, and groundwater, suggesting that even after all this time, biogeochemical processes have not completely mitigated the risk. Furthermore, evaluating how the fine particles in soils could control the human health risk by geochemical and mineralogical mechanisms has not yet been initiated. This study discusses the geoavailability and bioaccessibility based on the environmental and human health risks in an arid environment where the population is currently exposed to abandoned mining waste. The results show that urban soils (US) and stream sediments (SS) have very high total concentrations of As and Pb, but with low geoavailability, suggesting low environmental risk. Despite this, bioaccessibilities up to 100% were observed for As and Pb in the US, suggesting high risks for the inhabitants of San Antonio and El Triunfo towns. The blood Pb levels and the carcinogenic risk for As exposure assessed here show maximum values of 115.77 µgPb dL⁻¹ and 85 × 10⁻⁴, respectively, which exceed the recommended limits according to USEPA. Chemical identification of microparticles (< 250 µm) by SEM-EDS shows bright metal solids with high iron content, commonly interpreted as iron oxide. However, it was possible to identify microparticles (< 5 µm) rich in Fe associated with ultrafine particles (< 1 µm) with high Pb and As contents. We conclude that differences between the geo-availability and bioaccessibility for soils and sediments in this study indicate that the solid microphases (possible Fe-oxides and oxyhydroxides) present in the fine soil fraction from MD SA-ET may control the

geoavailability and bioavailability of As and Pb, as well as the environmental and human health risks.

CS-19 CARTEL

DINÁMICA DE C EN SUELOS CONTAMINADOS POR JALES EN CANANEA, SONORA

Ortiz Ruiz Laura Fabiola¹, Beltrán Paz Ofelia Ivette², Chávez Vergara Bruno Manuel¹ y Martínez Jardines Luis Gerardo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, UNAM
fabilaortiz1909@ciencias.unam.mx

Como resultado de las actividades mineras, los jales pueden dispersarse y ser depositados sobre los suelos, y esto ocasiona la modificación de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Lo cual altera los procesos involucrados en la dinámica de nutrientes y con ellos el funcionamiento edáfico. Uno de los principales indicadores para la evaluación del suelo es la actividad metabólica microbiana; en la que se incluye la actividad enzimática, la mineralización de carbono y los nutrientes en biomasa microbiana las cuales son altamente sensibles a las alteraciones ocasionadas por la actividad antropogénica. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo la caracterización de la actividad microbiana de suelos en un gradiente de deposición de jales en Sonora, México. Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo: sitio 1 muestra de suelo con dominancia de jales, sitios 2 y 3 suelo con presencia de jales transportados por viento y sitio 4 suelo sin presencia de jales transportados por viento. En todos los sitios se realizó un muestreo aleatorio estratificado y se colectaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad con una barrena tipo holandesa. Se determinó la actividad enzimática de exoenzimas relacionadas con la adquisición de nutrientes Carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (P) en suelo, mineralización de C y C en biomasa microbiana. El pH de los suelos es ácido para los cuatro sitios. Para el sitio 1 fue de 4.25 mientras que para los otros sitios varió de 4.61 a 5.52. De manera general el sitio 1 fue el que presentó la menor actividad enzimática y respiración. En cuanto a la actividad enzimática la Polifenol Oxidasa (POX) y la Fosfomonoesterasa (FME) fueron las enzimas que presentaron una mayor actividad para los cuatro sitios, para ambas enzimas la concentración mostró el siguiente orden: sitio 4 > sitio 3 > sitio 2 > sitio 1. La mineralización potencial de C (CO₂) el sitio 4 sin jale fue el que presentó los valores más altos con 41.83 µgC g⁻¹, seguido del sitio 2 y 3 con valores de 12.80 y 11.45 µgC g⁻¹ mientras que en el sitio 1 con presencia de jales fue el que presentó la menor concentración de C mineralizado (5.6 µgC g⁻¹). Los resultados anteriores muestran que el incremento en la presencia de jales en los suelos inhibe la actividad microbiana relacionada con la despolimerización y la mineralización de la materia orgánica del suelo, así como de la mineralización del P. Lo anterior sugiere que en los suelos de los sitios con elevada presencia de jales existe una inhibición en los mecanismos que regulan la disponibilidad de nutrientes lo cual puede afectar el establecimiento y desarrollo de la vegetación.

CS-20 CARTEL

DESCOMPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA E INORGÁNICA EN UN SUELO ANÁLOGO MARCIANO EXPUESTO A LA RADIACIÓN IONIZANTE

Rojas José Alfredo, De la Rosa José Guadalupe, Molina Paola, Mendoza Sebastián y Navarro Rafael
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
alfredo.rojas@nucleares.unam.mx

En la actualidad, la búsqueda de vida en Marte está enfocada en la detección de materiales que pudieron ser generados, utilizados o formaron parte de organismos vivos en el pasado del planeta rojo, poniendo especial interés en la detección de materiales orgánicos en su superficie, así como materiales inorgánicos (carbonatos) que pudieron ser generados por la presencia de vida pasada. Lamentablemente este planeta posee diversos factores físicos que pueden dificultar la detección de estos materiales, uno de estos factores es la radiación ionizante que incide sobre su superficie. En este trabajo evaluamos el efecto que tiene la radiación ionizante sobre la materia orgánica y carbonatos contenidos en un suelo procedente del desierto de Mojave-EUA, el cual es considerado como un análogo marciano, con el fin de simular la exposición que han sufrido estos componentes en la superficie de Marte; para el estudio se utilizó una técnica desarrollada en el laboratorio en la que se puede determinar de manera simultánea el carbono orgánico e inorgánico por medio de reacciones ácido-base y oxido-reducción en vía húmeda, y cuantificando por medio de Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas. Se determinó que la muestra de suelo sin irradiar contiene 2011 ppm de carbono orgánico y 1254 ppm de carbonatos, al exponerlo a una dosis de 4 MGy se observa una significativa descomposición de estos materiales, obteniendo una constante de descomposición radiolítica de 0.3 MGy⁻¹, tanto para los carbonatos como para la materia orgánica. Con este resultado y las tasas de dosis de radiación que incide en los primeros 10 cm de la superficie marciana medida por la misión Curiosity en Marte, se puede decir que, si el planeta rojo tuviera similares cantidades de materia orgánica que el suelo de Mojave, estos materiales desaparecerían en aproximadamente 1.7 mil millones de años, siendo casi imposible su detección en la actualidad. Lo que hace necesario estudiar mecanismos que promuevan la protección a la radiación, o bien buscar que las futuras misiones exploren a mayores profundidades.

CS-21 CARTEL

PROCESOS PEDOGENÉTICOS EN TRES SITIOS ARQUEOLÓGICOS AFECTADOS POR EVENTOS NATURALES: TRES MEZQUITES, TEMPLO MAYOR, Y AGUAZUQUE

García Zeferino Thania Alejandra¹, Triana Angelica², Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Chávez Bruno¹ y Sedov Sergey¹

¹Instituto de Geología, UNAM
²Universidad del Externado de Colombia
splan_thania@hotmail.com

Los cambios ambientales, tanto naturales como antropogénicos, modifican parcial o completamente el entorno, por lo que el estudio paleopedológico de los registros edafo-sedimentarios permite observar la recurrencia, la intensidad y la duración del impacto que tuvo lugar sobre los sitios de interés arqueológicos. En este trabajo se presentan los resultados de tres sitios arqueológicos: a) Tres Mezquites en Michoacán, un sitio del Clásico (200 a 900 d.C.), b) Templo Mayor, un sitio del Posclásico tardío (1200 -1521 d. C.) en Ciudad de México, y Aguazuque, un sitio precerámico (5000 – 2225 A.P.) en Bogotá Colombia. El aspecto común de estos sitios es que en ellos se registran momentos de abandono y reocupación, cuyas causas aún no han sido completamente documentadas. Se considera que la respuesta a esta interrogante puede estar preservada en la memoria edáfica con base en su relación con los fenómenos naturales y la formación o modificación de estratos edáficos antes, durante y después del desarrollo de los sitios (combinación on-site y off-site). De esta forma, se realizó el análisis de los paleosuelos con base en rasgos micromorfológicos, petrográficos, granulométricos, y de carbono orgánico e inorgánico. Los resultados obtenidos han llevado a las siguientes conclusiones: En Tres Mezquites se propone que la tierra oscura que cubre una estructura de temporalidad Clásica (380 al 550 d.C.) se acumuló, una vez que el área fue abandonada, a causa de movimientos de remoción de masas. En Templo Mayor, las inundaciones recurrentes en la zona dieron origen a la transformación de los materiales autóctonos de la planicie lacustre y los materiales arqueológicos como pisos y estucos, dando origen a procesos de antropización en los paleosuelos dentro del sitio arqueológico. Por otro lado, la identificación de rasgos vérticos incipientes en los horizontes más jóvenes dentro del sitio sugiere un cambio ambiental representado por climas con mayor estacionalidad. En el caso de Aguazuque, los procesos pedogenéticos detectados demuestran un cambio ambiental, pasando de ambientes más cálidos a ambientes más fríos, por lo cual las sociedades se tuvieron que adaptar a estas modificaciones. Las observaciones recientes demuestran un contraste fuerte entre el sitio de ocupación y los suelos encontrados "off-site", por lo que proponemos que se debe a las dinámicas adaptativas de la población.

CS-22 CARTEL

CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X-CUANTITATIVA EN SUELOS CONTAMINADOS POR RESIDUOS MINEROS-METALÚRGICOS

Velázquez Ibarra Leslie Abigail, Martínez Jardines Luis Gerardo y Martín Romero Francisco
Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, UNAM
abigallin.9.6.9@gmail.com

La actividad minera genera depósitos de residuos, como terreros, Tepetateras y presas de jales que almacenan contaminantes muy a menudo potencialmente tóxicos para el ambiente y la salud humana. Debido a condiciones inapropiadas de almacenamiento, dichos residuos debido a la filtración, derrames o fugas de lixiviados generan contaminación hídrica la cual contamina el suelo con sales minerales, sulfatos, nitratos, óxidos y metales pesados (arsénico, plomo, cadmio, cromo, mercurio, etc). Dicha contaminación pone en riesgo la salud humana y al ambiente. La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, establece criterios para determinar las concentraciones de los elementos arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y vanadio en suelos y establece los criterios para definir si existe riesgo al ambiente o salud humana. Tradicionalmente se han utilizado métodos convencionales para el análisis de dichos analitos, como la espectrometría de absorción atómica y espectrometría de emisión con plasma acoplado inductivamente. Estos métodos implican digestión ácida por lo tanto son métodos destructivos, requieren un mayor tiempo de análisis, generan residuos y gasto de reactivos. En el presente trabajo se presenta la técnica de Fluorescencia de Rayos X como una opción competitiva para la cuantificación Elementos Potencialmente Tóxicos en suelos; sin embargo, para que los resultados analíticos sean aceptados por la normatividad mexicana es necesario el desarrollo del método cuantitativo, ya que actualmente la técnica de FRX ese considera semicuantitativa. A través de un proceso de validación se ha logrado establecer un método cuantitativo para la técnica de FRX aplicada a suelos. Los resultados indican límites de detección para Cu, Pb, As, Hg, Ni, Cr, Ba Cd, Ag y Mo de entre 7 ppm y 800 ppm. Un intervalo lineal de 8 ppm hasta 10000 ppm, precisión de entre 2.09 % y 6.65% y exactitud entre 81.89% y 113.65%. Dichos resultados muestran que la técnica de FRX-cuantitativa, puede considerarse una opción competitiva para incluirla como método analítico en la NOM147.

CS-23 CARTEL

MODELO ACOPLADO (TERMO-MECÁNICO) PARA SUELOS NO SATURADOS BAJO EL CONCEPTO DE ESFUERZOS EFECTIVOS

Galaviz-González José Roberto¹, Ávalos Cueva David¹, Limón-Covarrubias Pedro¹, Cabello-Suárez Laura Yessenia¹, Horta-Rangel Jaime², López-Lara Teresa² y Hernández-Zaragoza Juan Bosco²

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ

jose.galaviz2401@academicos.udg.mx

La consolidación de los suelos es un problema geotécnico producto de un proceso de transferencia de esfuerzos. Este inicia con la carga aplicada por la cimentación hacia el agua contenida en el suelo, produciendo una reducción en la presión de agua en los poros y finaliza en un reordenamiento de las partículas sólidas dando como consecuencia la disminución de volumen del suelo. Por ende, la consolidación es considerada como un problema acoplado de carácter flujo-mecánico. Lo anterior ha llevado al desarrollo de modelos acoplados que simulan el fenómeno de consolidación. Cada modelo ha sido planteado bajo distintas teorías, con lo que se han obtenido resultados consistentes. Sin embargo, algunos modelos no presentan un fundamento matemático que ayude al entendimiento del planteamiento del mismo. Esta tesis presenta un algoritmo y formulación de un modelo acoplado (flujo-mecánico-estado crítico) de consolidación de suelos, formulado a partir de las ecuaciones de Flujo Transitorio, de Momento de Balance, de Movimiento y del Modelo del Estado Crítico que considera deformaciones elasto-plásticas. Se procedió estableciendo un producto interno entre funciones vectoriales tomando en cuenta el Principio del Trabajo Virtual que asocia el Principio Variacional de Energía Potencial Mínima. El algoritmo del modelo acoplado proporciona resultados rápidos y fáciles debido a su flexibilidad, ya que permite infinitas combinaciones en sus condiciones de carga y de frontera. Además, considera que puede haber flujo de agua, como una aportación o extracción, lo que resulta en cambios en la presión del agua de los poros, lo que produce cambios en los desplazamientos horizontales y verticales. A través de los resultados numéricos obtenidos, se observa un comportamiento apropiado del fenómeno de la consolidación. Incluso, se muestran resultados consistentes con los reportados por otros investigadores y los obtenidos en el laboratorio.

CS-24 CARTEL

CALIDAD DE SUELOS EN EL DECLIVE DEL VOLCÁN LA JOYA A LA CARBONERA, MPIO. DE QUERÉTARO

Fuentes Romero Elizabeth¹, García Calderón Norma Eugenia¹, Cortés Guerrero Juan Daniel², Calzonzin Medina María de los Ángeles³ y Aguilar Galván Fernando⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Tecnológica de Querétaro, UTEQ

³UTEQ

⁴Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ

fre@ciencias.unam.mx

Con el objetivo de evaluar los indicadores de calidad, se estudiaron los procesos de formación del suelo en el declive orientado hacia el noreste del volcán en ecosistemas forestales residuales y agrícolas, para determinar el grado de evolución de los suelos, su clasificación y la función potencial de almacenar carbono orgánico en el transecto del volcán La Joya-La Carbonera, situados en la parte norte del municipio de Querétaro. Se cuantificaron las propiedades físicas: textura, color, densidad aparente y real, porosidad y químicas: capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, nitrógeno y carbono orgánico, relación C:N conforme al ISRIC 2002. En el cráter del volcán se asienta la comunidad ejidal El Charape, en un relieve de lomeríos, entre las coordenadas 20°48'41.3" N, 100°33'03.1W a 2352 msnm, con una pendiente del 20%, 11° a 5°, donde se han establecido parcelas de uso agrícola de temporal, con suelos moderadamente profundos formados a partir de material volcánico de andesitas, en las áreas de menor pendiente, se identificaron Dystric Cambisols (Colluvic, Húmic, Loamic). En el Parque Ecológico Recreativo La Barreta, se favoreció el aumento de la cobertura forestal constituida por *Quercus rugosa* y *Q. mexicana* que aportan residuos orgánicos formando un delgado horizonte O, su transformación mediante procesos de humificación favorece la conservación de los suelos identificados como Cambic Phaeozems (Colluvic Loamic), los suelos se han desarrollado a partir del interperismo de andesitas y dacitas, formando horizontes diagnósticos superficiales de acumulación de carbono orgánico estable, que influyen en la mitigación del cambio climático y la recarga por tener texturas medias y estructuración que permite un buen drenaje. En el declive hacia la población de La Barreta, continúa una secuencia de procesos edáficos en relieves complejos donde se intercalan suelos moderadamente profundos a someros clasificados como Cambic Skeletic Phaeozems y Leptic Cambisols, con vegetación de bosque caducifolio. En el piedemonte de La Barreta se desarrollan suelos profundos resultado de los procesos de traslado de ladera a partir de los lomeríos del volcán, son suelos donde en las planicies favorecen procesos de argilización potentes, el complejo de cambio de los coloides se encuentra saturado de bases identificados como Pellic Vertisols Mollic y en la comunidad de La Carbonera como Pellic Vertisols (Hypereutric, Mollic), ambos en agricultura de temporal, su productividad potencial se asocia a los elevados contenidos de carbono orgánico y de arcillas del grupo de las smectitas que forman complejos arcilla-humus estables,

en condiciones del clima templado subhúmedo con prolongada época de sequía, que frecuentemente condiciona el éxito de las cosechas.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores

Erika Danaé López Espinoza
Luis Felipe Pineda Martínez

CCA-1

PALEOECOLOGÍA DE OSTRÁCODOS COMO INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DE MÉXICO DURANTE LOS ÚLTIMOS 145,000 AÑOS

Chávez Lara Claudia Magali¹, Lozano García Socorro², Ortega Guerrero Beatriz¹, Caballero Margarita¹ y Avendaño Diana³¹Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Geología, UNAM³Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM
chavezlara@igeofisica.unam.mx

La Cuenca de México se localiza en la parte central del Eje Volcánico Transversal y sus sedimentos representan una valiosa fuente de información paleoambiental para la reconstrucción paleoclimática. En este trabajo presentamos los resultados de ostrácodos preservados en los sedimentos del Lago de Chalco y de Texcoco que representan los últimos 145,000 y 34,000 años, respectivamente. Los ostrácodos son crustáceos bivalvos que responden relativamente rápido a cambios ambientales y climáticos. Sus cambios en cuanto a diversidad y abundancia en sedimentos lacustres representan una poderosa herramienta para reconstruir las condiciones ecológicas y fisicoquímicas de un lago. Los resultados se presentan como la abundancia total de ostrácodos cuantificados (adultos y juveniles) en 1 g de sedimento (valvas/g). Las valvas adultas (machos y hembras) de cada especie se presentan en abundancias relativas (%) y las inferencias paleoecológicas se desarrollan con base en los resultados de los ostrácodos adultos ya que los estadios finales se presentan bajo las condiciones ambientales óptimas para cada especie. 4 especies de ostrácodos (*Limnocytherina axalapasco*, *Candona alchichica*, *Candona patzcuaro*, y *Cypridopsis vidua*) fueron encontradas en los sedimentos de la Cuenca de México. *L. axalapasco* y *C. alchichica* representan dos especies endémicas del centro de México y por lo tanto se conoce muy poco con respecto a sus preferencias ecológicas. En este trabajo sugerimos el posible origen y transición de adaptación de dichas especies a las condiciones ecológicas actuales. *L. axalapasco*, una especie de condiciones someras y adaptándose a condiciones de lago profundo, mientras que *C. alchichica* se adaptó de condiciones de lago diluidas a más concentradas, sin embargo después del periodo del MIS4 *C. alchichica* es remplazada por *C. patzcuaro*. En general, las variaciones de ostrácodos en los registros de Chalco y Texcoco nos indican cambios en los niveles lacustres y variaciones en la salinidad de la Cuenca de México.

CCA-2

CONJUNTOS DE QUISTES DE DINOFLAGELADOS EN RELACIÓN CON VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCEANOGRÁFICA DURANTE 1853-1963, CUENCA SAN LÁZARO, OCEANO PACÍFICO, MÉXICO

Méndez Díaz Cristal y Helenes Escamilla Javier

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
cristal@cicese.edu.mx

El conocimiento de los ecosistemas pelágicos y su distribución con la estructura física actual del océano, nos ayuda a entender la historia y evolución. Los fondos oceánicos constituyen una extensa cuenca sedimentaria en condiciones de estabilidad y continuidad. Los sedimentos laminados representan la oportunidad para estudiar el contenido micropaleontológico, sin alteraciones diagenéticas. Estos sedimentos se preservan en cuencas anóxicas (O₂ disuelto <0.2 ml/l) que impiden la bioturbación bentónica. La abundancia del componente biogénico depositado, representa un registro de la productividad orgánica predominante, condiciones sedimentológicas y climáticas de la cuenca. La Cuenca San Lázaro (CSL), se localiza en el margen continental a 45 km de la costa oriental de Baja California Sur. Se encuentra influenciada por aguas subárticas y ecuatoriales; la Corriente de California (CC) y la Corriente Ecuatorial del Norte (CEN), respectivamente. El dominio de estas corrientes esta determinado por la estacionalidad y cambios climáticos de escala interanual como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y decadales como la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) y sus respectivas fases de calentamiento y enfriamiento. Los sedimentos laminados de la CSL preservan esta

información. El material biogénico estudiado, corresponde al núcleo SOLE09-01, obtenido por el buque New Horizon de la Universidad de California. El intervalo de tiempo estudiado es de 110.24 años (1853-1963), en 27 muestras con resolución de 4.24 años. Los dinoflagelados son una parte importante del fitoplancton marino, aproximadamente el 11% son capaces de producir quistes fosilizables. La identificación, cuantificación y obtención de concentraciones (usando *Lycopodium clavatum*), nos permite tener apreciaciones cualitativas y cuantitativas. Como variables dependientes se encuentran 33 especies de dinoflagelados identificadas. Como variables independientes las anomalías térmicas de ENOS y ODP, las concentraciones de otros palinomorfos como huevos de Copépodos, Otros marinos y Continentales. Adicionalmente, se determinó el Carbón Orgánico (CO) para mejor comprensión de la productividad primaria. Se analizan estadísticamente mediante técnicas multivariadas para comprender la relación de los conjuntos de dinoflagelados y su comportamiento; agrupación y clasificación de las interrelaciones entre las variables. Hasta ahora, se puede decir que los dinoflagelados heterótrofos tienen una abundancia del 90.73% y los fototróficos del 9.27%. El siglo XX es más cálido respecto al siglo XIX. ENOS se encuentra correlacionado con los palinomorfos continentales y dinoflagelados heterótrofos. El ODP muestra relación con el CO y este a su vez con Otros marinos y *Selenopemphix nephroides*. El género *Brigantidium* está asociado a nutrientes continentales y de surgencias, muestra una relación fuerte con Copépodos. *Ataxiodinum choane* representa las fases frías de ENOS y ODP, aparentemente *Polysphaeridium zoharyi* las fases cálidas. Datos congruentes con las condiciones de ocurrencia de estas especies. Examinar el cambio oceánico a largo plazo, su vínculo con forzamientos de acoplamiento entre océano y atmósfera y el cambio climático antropogénico, es desafiante. Los océanos son dinámicos y al igual que la atmósfera exhiben una variabilidad natural en una amplia gama de escalas de tiempo. Sin embargo, el estudio de organismos sensibles al cambio, como los dinoflagelados, nos acerca a una mejor interpretación.

CCA-3

VALIDACIÓN DE MODELOS DE REANÁLISIS A PARTIR DE DATOS OBSERVADOS PARA EL ESTADO DE JALISCO

Alcocer Vazquez Martha Diana¹, Lino Solano José Juan¹,
Delgado de la Paz Ivan² y Ulloa Godínez Héctor Hugo¹¹Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara²Independiente

marthadiana.av@gmail.com

Desde tiempo ancestrales se ha tenido la necesidad de la observación de las condiciones del tiempo, con el paso de los siglos han incrementado los instrumentos de medición y observación de las variables meteorológicas, lo que ha conllevado un gran reto para el ser humano buscar y mejorar las herramientas de análisis meteorológicos. En las últimas décadas se ha tenido la implementación de estaciones meteorológicas convencionales a estaciones meteorológicas automáticas, lo que ha facilitado un considerable progreso ante la carencia de datos de observación meteorológica. En la República Mexicana y específicamente para Jalisco a pesar de ya contar con una cobertura de estaciones meteorológicas automáticas, aún se tiene un déficit de estas, tal es el caso de la escasez de datos en zonas de difícil acceso, por ejemplo, las zonas serranas, también la falta de recursos para la adquisición e instalación de estas, lo que limita ampliar su cobertura territorial. Es por ello, que en la actualidad el desarrollo de las tecnologías nos brinda más opciones sobre información de datos climatológicos, como precipitación y temperatura, a partir de datos de reanálisis, los cuales cada día van mejorando su resolución espacial y temporal. En consecuencia, se busca en el presente trabajo, realizar un análisis y verificación de la viabilidad del uso de distintos recursos de datos meteorológicos como Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) y ERA5- Land, los cuales son algunos de los modelos que nos proporcionan información de variables como precipitación y temperatura. Esto resulta de gran importancia, para la mejora en el uso de información climatológica y análisis del comportamiento de estas variables durante distintas temporadas del año en la zona de estudio del Estado de Jalisco.

CCA-4

ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL NOROESTE DE MÉXICO DURANTE EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

Ramos Pérez Omar¹, Adams David K.², Ochoa Moya Carlos A.² y Quintanar Arturo²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

omar.ramos@atmosfera.unam.mx

Un rayo es una descarga eléctrica que inicia en alguna parte de una nube de tormenta y que termina ya sea dentro de la misma nube (IC, por sus siglas en inglés), en otra nube (CC, por sus siglas en inglés) o incluso llegar hasta el suelo (CG, por sus siglas en inglés). Los rayos CG son los más peligrosos porque pueden causar la muerte, incendios forestales y daños en el suministro de energía eléctrica (causar apagones). Una región de México activa en cuestión de rayos es el noroeste de México. En el presente estudio se hace una climatología de los rayos que ocurren en dicha región de México durante el monzón de Norteamérica (junio-septiembre). Para desarrollar una climatología de la evolución mensual, utilizamos los datos de rayos totales (CG + IC) recopilados por dos sensores: 1) Detector Óptico de Eventos Transitorios (OTD, por sus siglas en inglés) y 2) Sensor de Imágenes de Rayos (LIS, por sus siglas en inglés); estos datos fueron obtenidos del Global Hydrometeorology Resource Center (GHRC). También, utilizamos datos del reanálisis del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Plazo Medio (ECMWF, por sus siglas en inglés) ERA5 para entender los factores que podrían ayudar a explicar una mayor/menor ocurrencia de rayos. Ambas bases de datos (rayos y reanálisis) abarcan los meses monzonales y un periodo de 19 años (1995-2014). De manera general, encontramos que la Sierra Madre Occidental es una región muy activa durante julio y agosto con frecuencia de ocurrencia > 0.25 rayos/km²/día resultado de valores altos de la columna total de agua de hielo en la nube (> 50 g/m³) y valores medios de la velocidad máxima de la corriente ascendente (20-30 m/s). Además, de la climatología de rayos se hablarán de algunos casos de estudio (intensos versus no de acuerdo a su actividad de rayos). Dichos casos de estudio se analizarán con datos ERA5 con el fin de entender mejor las condiciones atmosféricas y forzantes sinópticos que favorecen la ocurrencia de eventos extremos de rayos.

CCA-5

CLIMATOLOGÍA PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA VERANIEGOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Valdes Manzanilla Arturo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

avmanzanilla@hotmail.com

Se presentan las principales características de los Sistemas Convectivos de Mesoescala durante el verano en la Península de Yucatán, usando imágenes de radar meteorológico de la CONAGUA ubicado en Sabancuy, Campeche. Estos fenómenos ocurren casi a diario en esta región, con un mínimo mensual durante julio y agosto, coincidiendo con la sequía intraestival. Sus movimientos se produjeron principalmente de las direcciones E, NE y SE, con una velocidad de propagación media de 6.0 m/s y tuvieron una duración media de 6.4 h. Se empezian a formar por la tarde y se disipan por la medianoche. El forzamiento sinóptico más crucial que influyó en su formación de estos sistemas fueron las vaguadas, específicamente una del tipo local que se le ha denominado vaguada maya, seguido de las ondas tropicales. Los periodos cuando hubo una baja formación de estos sistemas están asociados a un chorro de niveles bajos del Caribe más fuerte de lo normal. La organización de la convección mostró que la mitad de estos fenómenos meteorológicos tenían un patrón lineal con una orientación N-S de las líneas convectivas. Se sugiere que fenómenos de mesoescala, como la brisa marina, influyen significativamente en la formación de estos Sistemas Convectivos de Mesoescala

CCA-6

EVALUACIÓN DE TRES BASES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN PARA LA REGIÓN HIDROLÓGICA AMECA (RH14)

Montero León Zamira Yuminee¹, Colorado Ruiz Gabriela² y Sandoval Hernández Erika¹¹Universidad de Guadalajara, UdeG²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

zamira.montero7772@alumnos.udg.mx

En los últimos años se ha incrementado la disponibilidad de información de lluvia, sin embargo, existen aún pocos trabajos regionales que evalúen dicha información. Por tal motivo, en este trabajo se verifican tres bases de datos para la región hidrológica de Ameca (ubicada en los Estados de Nayarit y Jalisco), dos que consideran información de estaciones meteorológicas (Livneh y CHIRPS) y un reanálisis (ERA5). Estas bases de datos se comparan con datos de estaciones climatológicas descargadas del sitio web clicom-mex.cicese.mx del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California (Cicese). Se seleccionaron aquellas estaciones con más de 25 años de datos, para el periodo de 30 años: 1981-2010 y se les aplicó un control de calidad. De las 24 estaciones climatológicas, solo fueron utilizadas 13 estaciones que pasaron dicho control. Se extrajo la información de las bases de datos en malla para la región de Ameca, y

se verificaron con el promedio de las 13 estaciones. Se verifica tanto la variabilidad interanual como la estacional, donde se observa que en general las tres bases de datos en malla capturan los rasgos principales.

CCA-7

ANÁLISIS DE ONDAS DEL ESTE Y EVENTOS DE LLUVIA INTENSA

Magaña Victor, Pazos Marni y Herrera Eduardo

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

victormr@unam.mx

Las ondas del este son uno de los fenómenos meteorológicos más importantes en las Américas tropicales durante el verano. Algunas climatologías recientes indican sin embargo, que la actividad de ondas del este es mínima sobre los Mares Intra Americanos. Mediante el uso de campos de Flujo de Humedad Verticalmente Integrados se encuentra que las ondas constituyen una parte importante de la variabilidad del clima en México Centroamérica y el Caribe y su dinámica está altamente influenciada por la presencia de la corriente en chorro del Caribe. El transporte asociado de humedad en los niveles troposféricos bajos induce aumentos en el agua precipitable, convergencia de niveles bajos de tal forma que puede producir eventos de precipitación extrema (mayores de 30 mm). Su paso a través del Golfo de México induce flujo de humedad hacia el altiplano que resulta en lluvias intensas sobre el centro de México. Lo anterior muestra que es a través de la combinación de vientos y humedad, característicos de la onda que se puede entender de mejor forma la actividad de eventos intensos. De particular interés resulta encontrar que cuando la corriente en chorro del Caribe es intensa, la actividad de ondas del este tiende a disminuir, en forma similar a como se inhibe el desarrollo de ciclones tropicales, es decir, por una cizalla vertical intensa del viento que no permite desarrollo de convección profunda. Por otro lado, la intensificación la señal de ondas del este ocurre hacia el Caribe del oeste, al parecer, después de ser intensificadas por inestabilidad barotrópica sobre el centro del Caribe. Las implicaciones de el análisis de ondas del este, para el entendimiento de los flujos de humedad sobre México resulta de relevancia para explicar años húmedos o secos en Mesoamérica.

CCA-8

INCIDENCIA DE LA ITCZ EN LA PRECIPITACIÓN Y TENDENCIAS DEL PERÍODO 2000-2020 EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Zarraluqui Víctor y Adams David K.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

vzs1@atmosfera.unam.mx

Por sus características la zona de convergencia intertropical (ITCZ, por sus siglas en inglés) que se sitúa cerca del ecuador, juega un papel preponderante en el clima de amplias regiones del planeta, particularmente en los trópicos. Lo anterior ha motivado el desarrollo de diversas teorías y estudios de modelación numérica (Charner, Holton, Schneider y Lindzen entre otros) para tratar de explicarla. En México su incidencia mayor se refleja en el pacífico oriental como han descrito varios expertos en el tema (Cavazos, Mosiño, Magaña, Méndez, etc.). Un aspecto importante es la actividad convectiva que se genera en esta banda, la cual se traduce en fuertes tormentas sobre el continente a medida que avanza en su desplazamiento hacia el norte. La posición, intensidad y densidad de la convección puede resultar en periodos fuertes de lluvias o severas sequías (Méndez y Magaña 2010). Lo anterior representa la principal motivación de este trabajo en donde se evalúa el comportamiento de la ITCZ durante el periodo 2000-2020 con particular énfasis en los lapsos de precipitación abundante o de sequía. Así mismo se busca delimitar las zonas de influencia con mayor detalle, en una región de topografía compleja y en donde también intervienen otros sistemas y fenómenos meteorológicos. Para esta primera etapa se usó el algoritmo IMERG del proyecto de la plataforma satelital GPM, que ocupa los datos obtenidos por su predecesor el satélite TRMM del 2000 al 2015 y los propios del 2015 en adelante. Aprovechando sus características se llevó a cabo un monitoreo que permitió ubicar ITCZ en las diferentes épocas del año enfocando principalmente su etapa de migración hacia el norte. Dentro del proceso, se llevó a cabo una evaluación de la actividad convectiva tanto en el océano como en el continente que contribuyó tanto a ubicar la posición de la ITCZ como su área de influencia. Así mismo se analizó para cada periodo la fase del ENSO (El Niño Oscilación del sur) que como se ha descrito en la literatura atenúa o incrementa la precipitación. Contar con una base de datos sólida es fundamental, la cual se construyó con los datos de los satélites TRMM y GPM. Con ésta se elaboraron las climatologías (mensual, estacional y anual), mapas de anomalías y un análisis de tendencia para el periodo. Los resultados obtenidos concuerdan con la literatura (Cavazos y Hastenrath 1990, Magaña et al 2003, Méndez y Magaña 2010) en los que se observa la incidencia de la ITCZ principalmente en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, así como la obtención de las tendencias del periodo. Por la resolución del algoritmo (0.1 grados) se logró definir con mayor precisión dichas regiones. Así mismo es notoria la modulación que ejerce la Oscilación del Sur de acuerdo a la fase en que se encuentre. También queda claro que es necesario incorporar los otros sistemas y fenómenos que intervienen, esta es la primera fase del proyecto, y por tanto los resultados aún son preliminares por lo que se tiene previsto incorporarlos como trabajo futuro.

CCA-9

ENTORNOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE TORMENTAS ELÉCTRICAS Y GRANIZADAS EN MÉXICO

León Cruz José Francisco
Instituto de Geografía, UNAM
franciscoleoncrz@gmail.com

Dentro de la gran variedad de fenómenos asociados al tiempo severo se destacan las tormentas eléctricas y granizadas. Este tipo de eventos se derivan de tormentas convectivas severas caracterizadas por entornos ricos en inestabilidad atmosférica, ya sean detonados por fenómenos de escala sinóptica como sistemas frontales o por forzantes estáticos como el terreno complejo. En México, este tipo de tormentas convectivas se han documentado a lo largo de cadenas montañosas importantes como la Sierra Madre Oriental y Occidental, así como a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana; asimismo, sobre la región noreste y colindante con el sur de Texas, y por supuesto en la Península de Yucatán. No obstante, poco se conoce sobre los entornos diferenciados asociados a la formación de este tipo de fenómenos naturales. El presente trabajo tuvo por objetivo el análisis y categorización de los entornos ambientales asociados a la formación de tormentas eléctricas y granizadas en el país. Para ello, se partió de la construcción de una base de datos de tiempo severo en México basado en los reportes de los más de 80 observatorios meteorológicos. Posteriormente, y haciendo uso de datos de reanálisis ERA5 y sondeos virtuales de proximidad para las 00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 horas, se calcularon alrededor de 40 índices de inestabilidad en diferentes parcelas. En este sentido, más de 200,000 sondeos virtuales fueron computados para un período comprendido entre 1981 – 2018. Los índices resultantes fueron categorizados por regiones espaciales diferenciadas: Noreste, Noroeste, Sureste, Altiplano Mexicano, Península de Yucatán y Faja Volcánica Transmexicana. Los resultados muestran diferencias importantes entre los entornos de inestabilidad asociados a la formación de granizadas y tormentas eléctricas en el país. Lo anterior, basado en el análisis estadístico de parámetros como la energía potencial disponible para la convección, la cizalladura del viento entre diferentes parcelas, la helicidad relativa a la tormenta, las tasas de cambio adiabático, el agua precipitable, entre otras.

CCA-10

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN Y MONITOREO DE NUBES DE TORMENTA EMPLEANDO GOES-R Y TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Dávila Rodrigo, Tuxpan José y Carbajal Noel
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
rodrigo.davila@ipicyt.edu.mx

El monitoreo y pronóstico de condiciones meteorológicas severas implica un importante desafío, especialmente en regiones como México donde las redes de instrumentos como radares meteorológicos o estaciones automáticas son insuficientes. En ese sentido, en esta investigación se aborda la implementación de un framework de previsión basado en técnicas de clasificación de Machine Learning para la identificación y monitoreo de potenciales eventos convectivos asociados a precipitaciones extremas, utilizando imágenes satelitales como datos de entrada. En esta primera etapa, se aplicó esta metodología en dos zonas de estudio, la Ciudad de México (CDMX) y Los Mochis, Sinaloa seleccionadas por su alto grado de vulnerabilidad ante inundaciones. No obstante, los atributos principales de este framework propuesto, son su escalabilidad a todo el continuo nacional, el uso de productos Open Access y su potencial implementación en tiempo cuasi-real (cada 5 minutos). Para la implementación del framework, se generó un set de eventos de referencia con imágenes del Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) en las cuales se identificaron nubes de desarrollo vertical que sirvieron para generar las Target Labels. Posteriormente, se generó un set de 12 predictores basados en propiedades ópticas de nube usando datos del Advanced Baseline Imager (ABI) del satélite GOES-16. Los modelos de Machine Learning usados fueron, Logistic Regression (LR), Decision Trees (DT), Random Forest (RF), Support-vector machines (SVM) y Multi-layer Perceptron Classifier (MLP). Finalmente, se aplicó un filtro de postprocesamiento basado en incidencia de rayos (Lightning Filter) con datos del Geostationary Lightning Mapper (GLM) del satélite GOES-16. Para la evaluación del desempeño de los modelos, se seleccionó la Probabilidad de Detección (POD) y la Proporción de Falsas Alarmas (FAR). Los resultados POD estimados para Los Mochis fueron de 0.86 y 0.94 con LR y RF respectivamente, mientras que los datos de FAR oscilaron entre 0.2-0.3, lo cual indica un alto rendimiento en la modelación de esta zona. Por otro lado, en CDMX se estimaron valores aceptables de POD de 0.8 con LR, mientras que FAR mostró resultados sumamente elevados de hasta 0.5. Por su parte, el Lightning Filter mostró un gran potencial para mejorar los resultados de los modelos ML en el postprocesamiento, especialmente en su capacidad de detección, en ese sentido, en Los Mochis los datos POD aumentaron de 0.86 a 0.9 con LR y de 0.94 a 0.96 con RF, mientras que, en CDMX el POD obtenido con LR aumento de 0.8 a 0.84.

CCA-11

ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DE LA VISIBILIDAD ATMOSFÉRICA DURANTE LA OCURRENCIA DE LLUVIA EN MÉXICO

Montero Martínez Guillermo y García García Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gmontero@atmosfera.unam.mx

La visibilidad atmosférica se define como la distancia máxima a la que se reconoce un objeto negro de tamaño adecuado ubicado cerca del suelo. Este parámetro es un estándar de la visión humana del entorno, aunque factores subjetivos y físicos pueden influir en sus observaciones, que es crítico para el control de tráfico y la seguridad en el transporte. La alternativa a las observaciones realizadas por las personas es el uso de instrumentos que estiman parámetros relacionados a la visibilidad, tales como el rango óptico meteorológico (MOR), basados en la atenuación de luz. Las mediciones de MOR presentadas en este trabajo se recolectaron con dispositivos PWS100 y se utilizaron para analizar la evolución de este parámetro durante la ocurrencia de lluvia en tres ubicaciones diferentes en México. Los sitios de muestreo están ubicados en Chamela (Jalisco), Juriquilla (Querétaro) y en la Ciudad de México, por lo que fue útil comparar la evolución de MOR en diferentes entornos cuando ocurrieron las precipitaciones. Este estudio muestra que el PWS100 sobreestima entre un 15% y un 25% la cantidad de agua de lluvia (Acc) con respecto a los pluviómetros. La revisión de las observaciones de MOR y agua acumulada muestra que las disminuciones más significativas en las mediciones de MOR coinciden con los períodos de mayor intensidad de lluvia (R). Las estimaciones del coeficiente de extinción ayudaron a obtener ecuaciones de ajuste entre este parámetro y el MOR. Los resultados ANOVA de los coeficientes sugieren que la ocurrencia de tormentas eléctricas es predominante en todos los sitios de muestreo, aunque los coeficientes de la curva de ajuste MOR indican que la relación entre los dos parámetros es diferente para cada ubicación. Las estimaciones a partir de las ecuaciones de ajuste para MOR muestran una sobreestimación de Acc con respecto a las observaciones instrumentales. Las desviaciones sustanciales ocurren cuando la variabilidad de la intensidad de la precipitación durante el evento es significativa. Esto es atribuible a la dispersión de datos sobre el ancho del espectro de gotas de lluvia, lo que demuestra que la evaluación basada en mediciones microfísicas no es sencilla. Estos hallazgos indican que los datos de MOR se ven afectados por factores ambientales, y se necesita más investigación para mejorar las estimaciones de la cantidad de lluvia a partir de las mediciones de MOR.

CCA-12

VARIABILIDAD Y TENDENCIAS DE LOS NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Osorio-Tai María Elena¹, Zavala Hidalgo Jorge² y Romero Centeno Rosario²
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²ICAYCC - UNAM
tai@atmosfera.unam.mx

Cada año, el Golfo de México (GoM) se ve afectado por frentes fríos provenientes del noroeste que tienen asociados fuertes vientos, olas, precipitaciones muy intensas y marejadas ciclónicas. Sin embargo, esos impactos son variables en su intensidad, ubicación y tipo. Por lo tanto, aquí se revisa esta variabilidad considerando el viento máximo de cada evento, la ubicación donde ocurre, el área cubierta por vientos por encima de un valor umbral, la duración de cada evento, la ubicación del evento dentro del GoM, la orientación del frente, su velocidad de penetración y qué tan al sur penetra. El análisis revisa el ciclo anual, la variación interanual y la influencia de eventos ENSO. Además, se propone un índice de la energía de cada frente. Se calculan las tendencias del período. Para el estudio se utiliza el reanálisis ERA5 el período estudiado es 1977-2021.

CCA-13

SOBRE EL INICIO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS EN EL PACÍFICO MEXICANO

Magaña Victor y Díaz Sonia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
victormr@unam.mx

El inicio de la temporada de lluvias en México es clave para entender un verano seco o lluvioso. Son diversos los criterios que se han propuesto para establecer el inicio de la temporada de lluvias de verano, sin que pueda considerarse que uno sea mejor que otro. EN el presente estudio, se propone una forma de establecer el inicio de las lluvias en México, pero más importante que eso, se propone un mecanismo que permite entender que procesos dan inicio a las lluvias en el Pacífico Mesoamericano. Una condición de convección tropical intensa en el Pacífico del este, se constituye en un forzante convectivo que mantiene una onda de Rossby casi estacionaria, en la forma propuesta por el modelo de Gill (1980). La circulación de niveles troposféricos bajos induce flujo de humedad hacia la costa del Pacífico mexicano que, al interactuar con la topografía resulta en lluvias persistentes por varios días. La ubicación del forzante es determinante en la dirección del flujo, y su evolución, dentro de la ITCZ va determinando la migración meridional de la fecha de inicio de las lluvias. El forzante en el Pacífico del este puede inducirse cuando el flujo de humedad desde el Caribe es intenso y resulta en convergencia en el Pacífico del

este. El proceso propuesto es una muestra de la interacción entre el Mar Caribe y el Pacífico del este que resulta en procesos climáticos sobre México.

CCA-14

MODELACIÓN NUMÉRICA DE UN EVENTO DE CINCO TORNADOS SIMULTÁNEOS EN PUEBLA

Monterde Gutiérrez Daniela Irais¹, Carbajal Noel¹, Pineda Martínez Luis Felipe² y León Cruz José Francisco³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

³Instituto de Geografía, UNAM

daniela.monterde@ipicyt.edu.mx

La porción oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) es susceptible a la formación de tornados e incluso al surgimiento de eventos extraordinarios de tornados múltiples. La configuración orográfica produce flujos catabáticos y anabáticos, la ubicación geográfica permite flujos de humedad desde el océano Pacífico y Golfo de México y la entrada de frentes fríos generan intensas condiciones de inestabilidad atmosférica. Un caso extraordinario ocurrió el 1 de mayo del 2020 en San Nicolás Buenos Aires, Puebla donde se documentaron cinco tornados acontecidos de manera simultánea. Este evento fue modelado numéricamente aplicando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) a una resolución de 250 metros validadas con las estaciones meteorológicas de la CONAGUA más cercanas al lugar. El análisis del evento sugiere el choque de tres masas de aire que generó una intensa línea de convergencia e inestabilidad a lo largo de la cual ocurrieron los cinco tornados. El paso de un frente frío y las condiciones del terreno actuaron como catalizadores del evento de tornados múltiples. Las simulaciones numéricas revelaron tres vórtices ciclónicos y otras perturbaciones menores a lo largo de la línea de convergencia y donde el flujo de humedad exhibe estructuras semejantes a las inestabilidades de Kelvin-Helmholtz. El cálculo de la densidad del aire y la sección transversal de la velocidad vertical fueron fundamentales para establecer la dinámica durante la interacción de las masas. Experimentos con el modelo Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPPLIT) permitió calcular la trayectoria de partículas insertadas a 10 m sobre el suelo en cada una de las tres perturbaciones. Los experimentos revelaron movimientos verticales en zonas de rotación ciclónica y un comportamiento en forma de espiral.

CCA-15

TENDENCIAS HISTÓRICAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LAS REGIONES ECUATORIALES

Martínez López Benjamín

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

benmar@atmosfera.unam.mx

Un tema de investigación abierto es cómo responderá el Océano Pacífico ecuatorial al calentamiento planetario. Algunos trabajos apuntan a una respuesta tipo Niño y otros a una respuesta tipo Niña. En el primer caso disminuye el contraste térmico entre las aguas superficiales de la región occidental y la oriental del Pacífico ecuatorial, mientras que en el segundo se incrementa. En este trabajo se analizan las tendencias históricas de la temperatura superficial del mar (TSM) extraídas de varias bases observacionales disponibles. En particular, se analiza el comportamiento de largo plazo de la TSM a lo largo de la región ecuatorial, identificando una respuesta de tipo Niño en la primera parte de los registros disponibles y de tipo Niña en la segunda parte. Esta discriminación en el tipo de la respuesta de la TSM al calentamiento planetario es posible por las características de la técnica no lineal usada, la cual permite calcular la segunda derivada de la evolución de largo plazo de la TSM. Del análisis presentado, emerge un claro patrón ecuatorial mostrando una segunda derivada positiva en la región occidental del Océano Pacífico y una negativa en su parte oriental. Estos resultados muestran que en la parte occidental del Pacífico ecuatorial la tasa de calentamiento ha cambiado de una manera aproximadamente constante durante los últimos 150 años, observándose primero un enfriamiento y después un calentamiento sostenido. Por el contrario, en la región oriental se observa primero un calentamiento pronunciado el cual posteriormente disminuye, convirtiéndose incluso en un enfriamiento durante las últimas cuatro décadas. Este comportamiento coincide con los eventos de Niña intensos y prolongados observados durante este periodo, los cuales están relacionados con las sequías intensas registradas en gran parte de México en 2011/2012 y con la actual de 2022.

CCA-16

CAMBIO DE LA LLUVIA EN MEXICO DE 1950 A 2020

Martínez López Benjamín

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

benmar@atmosfera.unam.mx

Una idea simple y comúnmente aceptada en la comunidad científica que resume muchos estudios enfocados al cambio climático es que, como una consecuencia del calentamiento de la Tierra, los lugares húmedos serán más húmedos y los secos más secos. Esta simplificación de lo que podemos esperar en un planeta más caliente se fundamenta en experimentos numéricos realizados con

modelos climáticos, los cuales, sin embargo, sólo nos dan una idea vaga de la realidad, pues distan de ser perfectos. Las deficiencias de los modelos climáticos son particularmente graves en lo concerniente a la lluvia, observándose sesgos importantes entre los modelos y las observaciones que limitan su aplicabilidad práctica. Por ejemplo, debería de ser claro que no podemos tomar decisiones para enfrentar los importantes problemas futuros de abasto de agua sustentándonos en información sesgada obtenida con modelos que no tienen la capacidad de simular correctamente la evolución pasada de la lluvia. Estimar si un modelo simula o no correctamente la evolución pasada de la lluvia representa un gran reto por la sencilla razón de que no disponemos de registros de precipitación con la longitud y la resolución espacial necesaria para efectuar tal tarea. Es más, debido a la baja densidad de los datos y los huecos en los registros de precipitación, no podemos decir con certeza cómo ha sido la evolución de la lluvia en México durante el último siglo, por mencionar un ejemplo. Aquí presentamos un estudio de la evolución de largo plazo de la lluvia en México, abarcando el periodo 1950-2020 y utilizando valores provenientes del reanálisis ERA5-Land, el cual tiene una mejora general del ciclo del agua en comparación con reanálisis anteriores. En este trabajo, comparamos los resultados del reanálisis con los obtenidos utilizando algunas mallas climáticas disponibles, estimando cómo ha cambiado el campo de lluvia en México durante este periodo. Nuestro análisis muestra que, en el largo plazo, la gran mayoría de nuestro país alcanzó ya un máximo de lluvia y ha disminuido desde entonces, con los decrecimientos más marcados ocurriendo en el norte de México, particularmente en Chihuahua. Es incierto si esta tendencia a la baja en gran parte de México está inducida por el calentamiento global planetario. Lo cierto es que si aceptamos la fidelidad del reanálisis ERA5-Land para simular correctamente la evolución de la lluvia en México, nuestros resultados significan malas noticias para el norte de nuestro país.

CCA-17

¿QUÉ TAN VIABLES SON LAS METAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ Y CH₄ PROPUESTAS EN LA COP 26?

Gay García Carlos y Sánchez Meneses Oscar Casimiro

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

cgay@unam.mx

Para alcanzar los objetivos de mitigación de emisiones netas de GEI proyectadas para el año 2030, en la pasada Conferencia de las Partes (COP 26) celebrada en Glasgow, Escocia, RU (nov 2021), uno de los acuerdos que lograron los países participantes fue “volver el próximo año con nuevos compromisos reforzados, un nuevo programa climático sobre ambición de mitigación, y finalizar con el Libro de Reglas del Acuerdo de París”. Para esto se promovieron compromisos para reducir la energía del carbón, detener y revertir deforestación, reducir las emisiones de CH₄ y acelerar el cambio a vehículos eléctricos, según se puede constatar en el Pacto del Clima, COP 26 en su logro No. 1. En este trabajo se explora la viabilidad de poder mantener como metas alcanzables los 1.5 y 2.0 °C de incremento en la temperatura media global, aun cumpliendo todas las promesas hechas en la COP 26 acerca de mitigación, algo que también se menciona en dicho Pacto. Usando distintos escenarios futuros de trayectorias lineales y poligonales, se estiman los años en que se deberían alcanzar las emisiones netas 0 para el caso de CO₂ y CH₄ suponiendo que las acciones pertinentes sean implementadas a partir de 2030 y de modo que los umbrales 1.5 y 2.0 °C se puedan alcanzar hacia 2100. Además, se estiman las dificultades que, el retraso en la toma de dichas acciones, tiene sobre la viabilidad de alcanzar los objetivos mencionados. Las trayectorias lineales y poligonales nos permiten proponer escenarios de emisiones de GEI que permiten el cálculo de concentraciones, forzamientos radiativos e incrementos en la temperatura media global, que son congruentes con los obtenidos mediante escenarios elaborados y publicados por el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). También facilitan la representación e interpretación de las incertidumbres asociadas a los valores de a cada una de las variables consideradas.

CCA-18

ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE TEMPERATURAS MÍNIMAS ASOCIADAS AL PASO DE FRENTE FRÍOS EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Pineda Martínez Luis Felipe, Rodríguez Arellano Edgar, Rodríguez-González Baudelio y Escalona Alcázar Felipe de Jesús

Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

lpineda@uaz.edu.mx

La temperatura promedio global del planeta se ha incrementado en las últimas décadas, siendo cada año en promedio más cálido que el anterior. Las temperaturas mínimas de invierno presentan un aumento más acelerado en los últimos años principalmente en el hemisferio Norte. Actualmente se ha observado una tendencia en las temperaturas máximas diarias, las cuales han incrementado gradualmente en los últimos 20 años. Gran parte de la dinámica de las temperaturas diarias de invierno en el norte de México está asociada la presencia de masas de aire frío provenientes de latitudes altas. Los frentes fríos asociados al paso de masas de aire determinan el clima invernal de zonas altas en el centro y norte del país. En este trabajo se analiza el impacto en las temperaturas mínimas asociadas al paso de frentes fríos provenientes del norte en la región del estado de Zacatecas. El análisis consistió en un conteo estacional del número de frentes fríos que pasan por el territorio estatal así como el conteo de días con temperaturas mínimas

extremas asociadas al paso de masas de aire frío. Se estableció un periodo de estudio desde 1980 al 2020 usando la base de datos de estaciones climáticas de la Conagua a cargo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para la zona de estudio, fueron seleccionadas 23 estaciones con las series de tiempo más completas para el periodo. Los resultados muestran una tendencia positiva de las temperaturas mínimas diarias invernales, además de un aumento del número de frentes fríos registrados. En contraste al mayor número de frentes y las temperaturas mínimas diarias asociadas (días de frente), también muestran una tendencia positiva. En síntesis, se muestra un aumento acelerado de las temperaturas mínimas y máximas de invierno, un mayor número de frentes fríos en promedio. Estos resultados son de gran interés en la planeación de los procesos de gestión de riesgo por temperaturas mínimas, así como en la implementación de proyectos de mitigación.

CCA-19

EMISIONES DE CO₂EQ EN LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA REGIÓN XALAPA, PRIMER EJERCICIO DE CARA A LA CONSTRUCCIÓN DE UN PLAN DE ACCIÓN CLIMÁTICA

Welsh Rodríguez Carlos Manuel, Ochoa Martínez Carolina
Andrea, Travieso Bello Ana Cecilia y Díaz Félix Gabriela
Universidad Veracruzana, UV
cwelsh@uv.mx

Un Plan de Acción (PA) ante el Cambio Climático tiene como finalidad establecer políticas públicas para encontrar soluciones innovadoras para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes del aire que alteran el clima global; así como determinar las medidas de adaptación ante los efectos del fenómeno. Así, los planes de acción climática en las organizaciones necesitan un insumo indispensable y básico, un inventario de emisiones y compuestos de efecto invernadero (GCEI), el cual supone un esfuerzo en el manejo de fuentes de información. Existe un procedimiento estandarizado desarrollado y avalado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático en dos versiones (IPCC, por sus siglas en inglés, edición 1996 y edición 2006), que da la posibilidad de generar información y sentar las bases de estrategias de mitigación, ahorro energético y sustentabilidad en la organización. Por otra parte, la Universidad Veracruzana (UV), por ser una de las más grandes del sureste del país cuenta con una población estudiantil de 79, 617 alumnos, y se ofertan 354 programas educativos de los cuales 197 son programas de licenciatura y 142 corresponden a estudios de posgrado en 77 Facultades, 42 Centros e institutos de Investigación y un Sistema de Enseñanza Abierta. El presente trabajo toma como primera aproximación a la construcción de un PA, al cálculo de emisiones de CO₂ equivalente de la región Xalapa de la UV que cuenta con una población estudiantil aproximada de 27,000 estudiantes en los diversos niveles educativos, utilizando el modelo de aproximación desarrollado por el IPCC para estimar las emisiones atmosféricas, el cual se basa en el producto de la cantidad de actividad (para fines de este ejercicio es el consumo eléctrico de todas y cada una de las dependencias de la región Xalapa) y el factor de emisión típico de dicha actividad, que es el resultado del vector energético con que se produce energía eléctrica y es publicado por el gobierno de manera anual, éste es el promedio de la generación de las emisiones de CO₂ por unidad de generación de energía eléctrica (tCO₂/MWh) de todas las plantas de energía que operan en el sistema.

CCA-20

UNA ESTRATEGIA DE CONTROL DE EMISIONES DE CORTO PLAZO BASADA EN UN CRITERIO DE EQUIDAD

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
pdavid@atmosfera.unam.mx

Las estrategias de control de emisiones a corto y largo plazo tienen por objetivo mitigar los efectos nocivos de los contaminantes del aire en la población [1]. Mientras que las estrategias de largo plazo basan el control principalmente en aspectos económicos, las estrategias de corto plazo deben establecer rápidamente criterios cuantitativos para reducir las emisiones durante los episodios de mala dispersión atmosférica que favorecen la acumulación de los contaminantes hasta niveles peligrosos. Este tipo de control se implementa localmente y puede considerar los costos de la aplicación de sus estrategias respecto de las fuentes de emisión, sin embargo, el objetivo central es mantener la concentración (promedio o puntual) de cada contaminante por debajo de la norma de la calidad de aire respectiva hasta que existan mejores condiciones de dispersión [2,4]. Las estrategias óptimas de corto plazo que reducen las concentraciones puntuales de los contaminantes se formulan como un problema de minimización del costo total con un gran número de restricciones. El tiempo de cómputo para plantear y resolver dicho problema es considerable, por lo cual es necesario recurrir al cómputo en paralelo para dar una respuesta rápida al problema de control [3]. Es importante notar que toda estrategia de control que minimiza el costo total puede ser inequitativa en casos particulares. Por ejemplo, cuando hay una fuente de emisión con costo de control alto entre fuentes con costos bajos, entonces la minimización del costo total podría desplazar la reducción de emisiones hacia las fuentes con costos bajos, aun cuando la fuente de costo alto sea la que más contamina. En este trabajo se propone una estrategia de control puntual basada en el principio de que tienen que reducir más sus emisiones aquellas fuentes que más contaminan. Para tal efecto, se ordenan las fuentes de acuerdo a su impacto promedio en una zona de control y se definen los

parámetros de reducción de emisiones como un múltiplo del control que se impone a la fuente que más contamina. La formulación de dicha estrategia se basa en la introducción del modelo de dispersión adjunto, y la combinación de las soluciones adjuntas con las soluciones del modelo de dispersión directo para calcular los parámetros de control. La estrategia es de rápida aplicación y suficiente para el control puntual de corto plazo. Referencias 1. Cooper, W. W., et al., (1996). Survey of mathematical programming models in air pollution management. *European Journal of Operational Research*, 96, 1-35. 2. Parra-Guevara, D., YN Skiba, D. Peña-Maciél (2017). 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. 3. Peña-Maciél, D., D. Parra-Guevara, YN Skiba (2022). Formulación de una estrategia para el control puntual de un contaminante y su implementación usando cómputo paralelo. *Información Tecnológica*, 33(1), 35-48. 4. Skiba, YN, D. Parra-Guevara (2020). Air quality short-term control in an industrial region under adverse weather conditions. *Control Theory and Technology*, 18(3), 257-268.

CCA-21

ATRIBUCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN DISTINTAS VARIABLES CLIMÁTICAS Y ESCALAS ESPACIALES

Estrada Porrúa Francisco¹, Perron Pierre² y Yamamoto Yohei³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²Boston University, EUA
³Hitotsubashi University, Japón
feporrúa@atmosfera.unam.mx

En esta presentación se discuten resultados recientes de estudios de atribución realizados para distintas variables y escalas espaciales, y también se presenta el concepto de tiempo social de emergencia. Se muestra con un análisis observacional cómo las variaciones en forzantes antropogénicos y patrones de retroalimentación han provocado disminuciones en el contraste térmico entre el Ártico y latitudes medias que incrementan las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos en estas últimas. Mediante modelos GEV no estacionarios aplicados a las series de tiempo de los máximos anuales de temperatura y precipitación se proveen estimaciones del efecto que el forzamiento antropogénico ha tenido sobre las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos en estas variables. Más del 90% de la población mundial y más del 70% del producto interno del planeta enfrentan actualmente un riesgo significativamente mayor por temperaturas y precipitaciones extremas comparado con el periodo 1961-1990. Adicionalmente, se muestra que la existencia de una señal antropogénica está presente desde la escala global, hasta la escala de ciudades en la que además se puede separar una señal antropogénica local, atribuible en parte al fenómeno de isla de calor provocado por los procesos de urbanización. Se muestra que el tiempo social de emergencia y el tiempo para adaptación han ido disminuyendo a tasas de cambio cada vez mayores en todas las escalas espaciales.

CCA-22

“TIPPING POINTS” EN EL SISTEMA CLIMÁTICO Y CONSECUENCIAS PARA LA BIODIVERSIDAD A NIVEL GLOBAL

Velasco Vinasco Julián Andrés¹, Calderón-Bustamante Oscar¹,
Estrada Francisco¹, Defrance Dimitri² y Swingedouw Didier³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²The Climate Data Factory, Paris, France
³Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux, CNRS, Université de Bordeaux, Pessac, France
javelasco@atmosfera.unam.mx

El paradigma actual de la conservación de la biodiversidad proyecta un futuro en el cual la combinación de diferentes estresores antropogénicos como son la pérdida de hábitat, contaminación, especies invasoras, enfermedades infecciosas emergentes y el cambio climático podrían llegar a extinguir al menos un millón de especies al final del siglo. Aunque el cambio climático antropogénico es ya reconocido como un motor de extinción hay muchos vacíos de información al respecto. Por ejemplo, la mayoría de estudios usan un escenario de altas emisiones y no existen proyecciones con escenarios de política climática o no incluyen todos los modelos de circulación general disponibles del CMIP5 y CMIP6. También hay un desconocimiento y particularmente una alta incertidumbre acerca del impacto potencial de eventos abruptos en el sistema climático, conocidos en la literatura como “tipping points” o puntos de inflexión, y cómo podrían afectar a la biodiversidad global. En este trabajo presentamos un enfoque de modelación macroecológica para examinar el impacto de tres puntos de inflexión en el sistema de clima (el deshielo de la Groenlandia, el deshielo de la Antártida, el deshielo de los casquetes polares) y cómo podrían generar cambios en la biodiversidad y por lo tanto en el bienestar humano. Los escenarios climáticos fueron generados con el modelo acoplado océano-atmósfera de baja resolución del Instituto Pierre Simon Laplace (IPSL-CMIP5-LR). La modelación macroecológica es una herramienta computacional útil y económica para reproducir los patrones geográficos observados de la biodiversidad y generar escenarios futuros de cambios en biodiversidad. En particular, se modeló la riqueza total de las especies de vertebrados terrestres (i.e., anfibios, reptiles, aves y mamíferos) a escala global con una serie de variables predictoras ecológicas y evolutivas y se generaron proyecciones a futuro de pérdidas en riqueza en una serie de tiempo desde el 2021 hasta 2099. Los patrones

geográficos de pérdida de especies son relativamente similares para los tres puntos de inflexión pero tienen una señal diferente a los escenarios usando las cuatro trayectorias de concentración representativa (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) y varían en los cuatro grupos de vertebrados. De igual forma evaluamos quiebres estructurales en la serie de tiempo de las temperaturas y la pérdida de especies encontrando que en general a partir del 2050 el colapso de la biodiversidad podría ser irreversible. Este es el primer estudio que permite estimar de forma relativamente fácil los riesgos asociados a la ocurrencia de estos puntos de inflexión sobre la diversidad de cerca de 31,000 especies de vertebrados terrestres distribuidos por todo el planeta y las consecuencias de la inacción en política climática global.

CCA-23

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EVALUAR Y VISUALIZAR CAMBIOS EN BIODIVERSIDAD FRENTE A ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO AIRCC-BIO

Calderón-Bustamante Oscar¹, Velasco Vinasco Julián Andrés¹, Estrada Porrúa Francisco², Luna-Aranguré Carlos Alejandro³ y González Salazar Constantino⁴

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²PINCC-ICAYCC-UNAM

calderon@atmosfera.unam.mx

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad se consideran como las principales amenazas a la existencia de la humanidad. Hasta la fecha se ha proyectado que al menos un millón de especies podrían extinguirse para finales del siglo XXI por causas relacionadas con la actividad humana, siendo el clima un factor que afecta directamente diferentes procesos biológicos y el cambio climático futuro podría generar interrupciones sustanciales en los sistemas naturales y humanos, particularmente aquellos que depende directamente de la conservación de la biodiversidad. Varios modelos ecológicos han sido desarrollados para evaluar los impactos de cambio climático en la biodiversidad sin incorporar la incertidumbre de los modelos del clima y escenario de emisiones de forma exhaustiva y tampoco se han incorporado los impactos de cambio climático en la biodiversidad a modelos de evaluación integrada. Por lo anterior se desarrolla un software de acceso libre para el análisis de impactos y riesgos probabilísticos de cambio climático sobre la biodiversidad AIRCC-Bio a escala regional y global para cuatro grupos de vertebrados terrestres acoplado a un emulador de clima AIRCC-Clim que genera escenarios probabilísticos de cambio climático de promedios mensuales y anuales de temperatura y precipitación, cuenta con 37 GCMs del CMIP5 y 4 RCPs así como un escenario de emisiones definidas por el usuario.

CCA-24

EL CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS BIOMAS POR CAMBIO CLIMÁTICO IMPACTARÁ LA PRODUCCIÓN ECONÓMICA Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A NIVEL PAÍS

Bastien Olvera Bernardo Adolfo¹, Conte Marc², Dong Xiaoli³, Briceno Tania⁴, Batker David⁴ y Moore Frances C.³

¹Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

²Department of Economics, Fordham University, The Bronx, New York, USA

³Environmental Science and Policy Department, University of California Davis, California, USA

⁴Equilibrium Economics, USA

bastien.oba@gmail.com

Los ecosistemas contribuyen al bienestar humano a través de beneficios dentro y fuera del mercado. El cambio climático impactará la distribución de los ecosistemas en todo el mundo y modificará estos beneficios. Las implicaciones de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano dependen tanto de la naturaleza de estos cambios como de la medida en que las comunidades dependen de los sistemas naturales para su bienestar. En este trabajo, estimamos los cambios a nivel de país en los servicios ecosistémicos y en la producción económica resultantes de los cambios inducidos por el cambio climático en la cubierta vegetal terrestre, tal y como se simula mediante modelos dinámicos de vegetación global forzados por modelos climáticos de circulación general. Nuestros resultados muestran que el flujo global medio de servicios ecosistémicos se reduce en un 20% en 2100 bajo el SSP2-4.5 (~2.6°C), y el PIB global medio disminuye un 0.8% en 2100. Debido a la fuerte dependencia de algunas economías en el capital natural, estos efectos del PIB son regresivos, con efectos negativos mucho mayores en las regiones de ingresos bajos, llegando a una reducción media del PIB en países de África equivalente al 14% de su PIB en 2018. Limitar la temperatura por debajo de los 2 °C podría reducir los daños al PIB y a los servicios ecosistémicos al menos a la mitad, así como reducir la desigualdad económica entre países.

CCA-25

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL EN LOS BIOMAS TERRESTRES: UNA APROXIMACIÓN N-DIMENSIONAL

Luna Aranguré Carlos A., Estrada Porrúa Francisco y Velasco Vinasco Julián Andrés

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

carlos.luna@pincc.unam.mx

Investigar el efecto del cambio climático sobre los biomas terrestres de nuestro planeta es un paso esencial para desarrollar estrategias de manejo y conservación efectivas. Para ello, es indispensable contar con caracterizaciones ambientales de los biomas terrestres que permitan determinar los biomas de mayor vulnerabilidad frente al cambio climático global. La precipitación y la temperatura son factores abióticos en estrecha relación con los biomas y climas de la Tierra, pero también con los organismos adaptados a esos dominios ambientales. Estas variables son sustitutos útiles para comprender los patrones biogeográficos de las especies y caracterizar su uso del hábitat a través de métodos como el modelado de nicho ecológico (MNE). El conjunto de métodos del MNE permite explorar de manera teórica las relaciones que existen entre los seres vivos y las condiciones de su ambiente a partir de aproximaciones estadísticas o mecanicistas. Nuestra propuesta tiene como punto de partida la definición de los límites y geometría ecológica de los 14 biomas terrestres propuestos por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en el presente. Para ello utilizamos métodos de ecología isotópica para evaluar y cuantificar sus patrones de superposición en un espacio multivariado n-dimensional. Posteriormente evaluamos el impacto de distintos escenarios de cambio climático sobre cada uno de los biomas de manera independiente y conjunta. Los resultados obtenidos nos permiten determinar en la geografía cuáles son las regiones más vulnerables al cambio climático del planeta, utilizando métodos multidimensionales complementarios. Las mayores afectaciones fueron encontradas en las regiones Neotropical, Afrotropical, Indomalaya, y Australiana. Asimismo, con una mayor resolución los resultados nos permitieron estimar el posible impacto del cambio climático sobre los biomas terrestres de México, encontrando las mayores afectaciones en el sureste, noroeste, y centro-sur de nuestro país, incluyendo regiones de gran importancia para su biodiversidad.

CCA-26

OLAS DE CALOR Y LA SALUD MENTAL: UN ANÁLISIS EN ZONAS METROPOLITANAS DE MÉXICO

González Salazar Constantino, Velasco Julián, Calderón Bustamante Oscar y Estrada Francisco

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

cgsalazar@atmosfera.unam.mx

El cambio climático antropogénico es reconocido como una de las mayores amenazas para la salud humana. Debido al calentamiento global se esperan tanto efectos directos como indirectos sobre la salud. De forma directa, el incremento de fenómenos meteorológicos extremos, como tormentas torrenciales, olas de calor o sequías, se espera incrementen las tasas de mortalidad por lesiones y un incremento en la morbilidad de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y del aparato digestivo. De forma indirecta, los cambios en las condiciones climáticas provocarán la expansión espacial y temporal de vectores transmisores de enfermedades zoonóticas incrementando las tasas de infección de enfermedades como el Dengue, la Malaria y el paludismo, por mencionar algunas. Si bien las formas en que el cambio climático está alterando la incidencia de enfermedades está siendo objeto de muchas investigaciones. Evaluar los posibles efectos que tendrá el cambio climático en la salud mental de las personas ha recibido menos atención. Sin embargo, se sabe que la exposición directa o indirecta a impactos ambientales negativos que se pueden asociar al cambio climático, como inundaciones, incendios o sequías, puede causar o exacerbar los trastornos mentales, así como desordenen del comportamiento. Bajo este contexto, aquí presentamos una técnica de minería de datos para identificar los trastornos mentales, conductuales y cognitivos que podrían desencadenarse o exacerbarse durante eventos de olas de calor en México. Se consideran 74 zonas metropolitanas distribuidas en zonas tropicales, templadas y áridas del territorio mexicano para considerar la heterogeneidad ambiental del país. Estos resultados nos brindarán un primer panorama de los posibles efectos que pueden tener los eventos meteorológicos extremos en padecimientos de origen mental.

CCA-27

¿SERÁ SUFICIENTE UNA NULA DEFICIENCIA EN LA INFRAESTRUCTURA DEL SERVICIO DE ABASTO DE AGUA DE LA ZMVM PARA AUMENTAR SU RESILIENCIA ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Gay García Carlos y Olvera Fuentes Norma Elizabeth

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

cgay@unam.mx

El sistema servicio de abasto de agua de la ZMVM enfrenta serias problemáticas, por una parte: hay un gran desabasto de agua potable y saneamiento en zonas altamente pobladas y de escasos recursos; sus fuentes de abasto de agua potable son sobre explotadas; la región está expuesta a desastres naturales y

riesgos hidrometeorológicos amplificados por el cambio climático entre muchos otros (Montes de Oca y Herrera, 2019). Aunado a lo anterior, este sistema presenta una infraestructura obsoleta y altamente deficiente, como referencia, aproximadamente el 35% del agua potable que se suministra a la región se pierde en fugas (Banco Mundial, 2015). Analizar la resiliencia hídrica de este sistema ante los impactos del cambio climático, esto es, la "habilidad que muestra este sistema urbano para absorber y recuperarse rápidamente ante los impactos de cualquier tensión o crisis y mantener la continuidad de sus servicios" (Gobierno de la República, 2016) debe de ser uno de los objetivos prioritarios de todos sus sectores. Este trabajo tiene como finalidad analizar el impacto que una deficiencia nula en infraestructura tendría sobre la resiliencia de este sistema. Para este análisis se consideró el modelo propuesto por Olvera y Gay (2021). Para el subsistema proveedor, los conceptos considerados para el análisis fueron: aumento de la explotación de las fuentes de suministro (P1); incremento en los costes de saneamiento del agua (P2); incremento en la deficiencia de la infraestructura para la distribución de agua potable (P3); decremento en la eficiencia del sistema de drenaje (P4); generación de problemas sociales, políticos, económicos y ambientales (P5); incremento de inundaciones (P6); incremento de la temperatura (C1); decremento en la precipitación (C2); aumento de eventos climáticos extremos (C3); incremento en la evapotranspiración (C4). Para el escenario en que se presenta un decremento en la precipitación, y manteniendo el aumento de la temperatura (C1) como forzante, Olvera y Gay obtuvieron que las problemáticas más acuciantes en este subsistema en orden descendente se encontraban en los siguientes nodos: P3, P5 y P1. A partir de estos resultados, la presente investigación enfocó su atención en explorar el impacto que tendría sobre la resiliencia de este subsistema el caso extremo e hipotético en que las condiciones de la infraestructura del servicio de abasto de agua potable de la ZMVM fueran perfectas, esto es, que su deficiencia fuera nula. Para obtener la respuesta, después de la novena iteración que presentan Olvera y Gay (2021) en su modelo, el valor de la deficiencia en la infraestructura (P3) se forzó a mantenerse como cero en las sucesivas iteraciones hasta que el subsistema alcanza el equilibrio. Los resultados obtenidos muestran que aun cuando la infraestructura del sistema servicios de agua de la ZMVM fuera cero-deficiente, esto no sería suficiente para que el sistema pueda absorber y recuperarse de los impactos del cambio climático. Aumentar la resiliencia del subsistema proveedor de la ZMVM requiere urgentemente la implementación de más acciones estratégicamente planeadas aunadas al reemplazo y modernización de la infraestructura de la red hidráulica de la ZMVM.

CCA-28

ARBOLADO URBANO COMO ATENUANTE A LA ISLA DE CALOR URBANA: CASO TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Vázquez Morales Williams, Díaz Nigenda Emmanuel,
Venegas Sandoval Andrea y Cruz Damian Josue
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
williams.vazquez@unicach.mx

La urbanización es un proceso mediante el cual se modifica el espacio físico y socio-económico, que genera numerosos problemas ambientales, como el fenómeno de la Isla de Calor Urbana (ICU), que es la diferencia de temperatura entre el área urbana y sus alrededores, debido a la modificación en la cobertura del suelo hacia materiales retentores de calor como asfalto y concreto, aunado a las actividades propias de una ciudad principalmente el transporte y la industria que aportan emisiones térmicas incrementando la ICU (Oke, 2009). Para el caso de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez (TGZ), en el 2015 mediante el modelo meteorológico MM5 se determinó que la zona urbana presenta una diferencia térmica de 3 a 4 °C en relación a zonas con mayor vegetación (Pérez-Villatoro, 2015), así mismo Zavaleta-Palacios et al. (2020) estudió la relación existente entre la expansión urbana de TGZ y el aumento en la intensidad de la ICU, la cual en algunas zonas llega a incrementar hasta de 2.6°C. Sin embargo, la resolución de la modelación no contempla las áreas de vegetación existente dentro de la Ciudad, por lo tanto, se tuvo la necesidad de realizar una campaña de monitoreo de temperatura y humedad, con la finalidad de cuantificar diferencia térmica entre las áreas de arbolado urbano (parque urbano) en relación a la zona edificada. Así mismo, la población en su movilidad emplea diversos medios de transporte y se exponen a las temperaturas elevadas producidas por la ICU, es por ello que también se monitoreó la temperatura ambiental en tres tipos de movilidad, que son transporte público, privado y caminata, en una avenida principal de la Ciudad. Los resultados con respecto a los parques urbanos monitoreados, muestran que existe una diferencia promedio de 2 a 4 °C entre la zona arbolada y urbanizada, siendo un factor de importancia la densidad arbórea para un mayor enfriamiento, dato corroborado por Castro-Mendoza (2021). Con respecto a la movilidad de la población el análisis del monitoreo arrojó que, en el recorrido de la avenida principal se tienen temperaturas que oscilan desde los 35 a los 28 °C, siendo las zonas densamente urbanizadas los puntos más calientes y los puntos fríos aquellas donde hay presencia de arbolado sobre los camellones o cercanos a los parques urbanos. En conclusión, la población de la Ciudad de TGZ está expuesta a altas temperaturas por la ICU, que los hace vulnerables a presentar estrés térmico, deshidratación, fatiga o golpes de calor, sin embargo los resultados demuestran que la vegetación que prevalece en la ciudad genera efectos positivos al reducir las altas temperaturas, por lo tanto toma relevancia al considerarse como una forma de mitigación al efecto de la ICU. Cabe señalar que los resultados de estas investigaciones están siendo considerados por la parte gubernamental en la Red de Infraestructura Verde Capítulo Chiapas. Estos proyectos son parte de las actividades del Cuerpo Académico de Cambio Climático y Contaminación

Atmosférica del IIGERCC perteneciente a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

CCA-29

ANÁLISIS DE VARIABLES CLIMÁTICAS PARA EL 2050 EN JALISCO, A PARTIR DE LOS ESCENARIOS RCP DEL CMIP-5

Barcenas Castro Maydes, Monzón César Octavio,
Ávalos Cueva David y Ulloa Godínez Héctor Hugo
Universidad de Guadalajara, CUCEI
maydes.barcenas@academicos.udg.mx

Debido al evidente cambio en el clima durante las últimas décadas, la comunidad científica realiza investigaciones y experimentos para conocer el efecto del forzamiento radiativo en el sistema tierra-atmósfera, en el clima local y en los ecosistemas. Por tal razón, el objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento futuro de las variables climáticas en Jalisco, México, para el 2050. Jalisco es un estado que muestra cierta vulnerabilidad al cambio climático y es por ello que, se vinculan los resultados obtenidos con el aprovechamiento de la energía solar e hídrica, que dependen del comportamiento del clima. Se utilizan los escenarios RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5 del AR5, conocidos también como proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados, CMIP-5 (IPCC, 2013). Los datos fueron obtenidos del programa CORDEX (Experimento de Downscaling climático regional coordinado) que pertenece al Programa de Investigación del Clima Mundial (WCRP). Se descargaron del sitio del Earth System Grid Federation (ESGF). El GCM y RCM utilizados fueron MOHC-HadGEM2-ES y RegCM4-7, respectivamente, con un downscaling dinámico y un ensemble r11i1p1. El dominio de trabajo fue la región 2 de Centro América (CAM) con resoluciones de 25 km para los RCP2.6 y RCP8.5 y 50 km para el escenario RCP4.5. Se utilizó el período histórico 1971-2000 para evaluar el modelo y el período 2006-2050 para el análisis futuro. Se analizaron variables como la temperatura, evaporación, precipitación flujo de onda corta y larga, humedad, nubosidad, precipitación, entre otras y se determinaron también algunos índices extremos. Esta evaluación temporal y espacial de las variables climáticas, permite actuar de manera efectiva en la adaptación territorial ante el cambio climático (CC). Como también en la mitigación al CC porque sienta las bases para aprovechar mejor las tecnologías hidroeléctrica y solar.

CCA-30

PROYECCIONES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN MÉXICO PARA EL AÑO 2034, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE REGISTROS HISTÓRICOS DE 1976 A 2018

Contreras Tereza Víctor Kevin¹, Ramírez Villa Roberto¹, Mejía Estrada Pamela Iskra¹, Pita Díaz Oscar², Meléndez Carrera Vivian Paulina³, Velasco Peralta Edna del Carmen⁴, Clouthier López Jorge², Palacios Fonseca Ana Alicia¹ y Bravo Jácome José Avidan¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

²Independiente

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Facultad de Ciencias, UNAM

victor_contreras@tlaloc.imta.mx

Como parte del proyecto "COOPERACIÓN INTERNACIONAL ENTRE MÉXICO Y LA REPÚBLICA POPULAR DE CHINA PARA LA INVESTIGACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE ENERGÍA RENOVABLE, AMBIENTAL Y SOCIALMENTE SUSTENTABLES", que entre sus objetivos busca analizar la evolución de los estudios de disponibilidad hídrica superficial de las 757 cuencas del país y poder obtener la prospectiva del volumen de agua disponible al año 2034, se analizaron las proyecciones de temperatura y precipitación en México a partir de registros históricos. Para esto se utilizaron las observaciones diarias que representan los datos recopilados durante 24 horas de las estaciones climáticas convencionales de la Base de Datos Climática Nacional del sistema Climate Computing Project (CLICOM), administrado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México. A los datos utilizados se les aplicó un proceso de control de calidad, detección de valores anómalos, homogeneización y relleno de datos faltantes. Posteriormente se calcularon los valores históricos para cada cuenca hidrográfica del país, de 1976 a 2018, obteniendo el promedio anual de temperatura y precipitación acumulada anual, mediante el método de Kriging Regresión considerando un Modelo Digital de Elevación y polígonos de Thiessen, respectivamente. Con la reconstrucción histórica de los valores de temperatura y precipitación de cada cuenca hidrográfica del país, se realizó una proyección de los valores proyectados para el año 2034.

CCA-31

UN BIÓLOGO EN UN CONGRESO DE GEOFÍSICA Y UNA LAGARTIJA ASIÁTICA EN AMÉRICA: EVALUANDO LAS ÁREAS POTENCIALES DE COLONIZACIÓN DEL GECKO CASERO DEL INDO-PACÍFICO EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Vásquez Restrepo Juan Daniel¹ y Velasco Vinasco Julián Andrés²¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
juanda037@outlook.com

Las especies invasoras se consideran una de las principales causas actuales de pérdida de biodiversidad, por lo que identificar áreas potenciales de invasión es una prioridad para la biología de la conservación. En un mundo cada vez más interconectado el transporte accidental o intencional de especies genera nuevas presiones sobre los ecosistemas, los cuales ad portas de los efectos del cambio climático acelerado pueden propiciar condiciones que faciliten su establecimiento. Una herramienta que ha demostrado ser útil para el monitoreo pasivo de la introducción de especies es el modelado de nicho ecológico (MNE), el cual hace uso de información ambiental para identificar áreas potenciales de idoneidad climática donde las especies podrían establecerse, mediante el uso de algoritmos y modelos matemáticos. Sin embargo, el éxito de colonización no depende solo de las condiciones ambientales, sino también de las capacidades de dispersión de las especies, su interacción con otras, y las presiones antropicas que promuevan o limiten su establecimiento. Por lo tanto, los modelos de nicho ecológico no deberían estar limitados al uso de información climática sino también incluir variables indicadoras de procesos socio-ecológicos. En este trabajo se examinó la distribución potencial actual y futura bajo escenarios de cambio climático de una especie de gecko casero nativo del Indo-Pacífico (*Hemidactylus garnotii*), el cual fue introducido en América desde los años 60s. Mediante el modelado de nicho ecológico, combinando variables climáticas y de densidad poblacional como medida indirecta de urbanización, evaluamos su área de distribución potencial con proyecciones a futuro en tres horizontes de tiempo (2040, 2060, 2080), en cuatro trayectorias socioeconómicas compartidas y cuatro escenarios de emisiones del CMIP6. Encontramos que los modelos de distribución potencial actual tienen un poder predictivo alto al identificar sitios favorables para la especie donde existen registros confirmados de introducción que no fueron usados en la calibración del modelo. Además, entre los sitios predichos se encuentra el 77% de las ciudades más grandes del mundo en número de habitantes (> 1.000.000), lo cual hace de la urbanización un factor importante para futuras introducciones debido a la tendencia de esta especie a ocupar entornos antropizados. Las proyecciones a futuro muestran una reducción considerable en la idoneidad climática en la región tropical y una expansión hacia los subtropicales y algunas zonas templadas, indicando un fenómeno de tropicalización en estas regiones. Este trabajo muestra la utilidad de la gran cantidad de información disponible aplicado al contexto de las especies con potencial invasor, con el fin de anticipar riesgos y promover estrategias de conservación de la biodiversidad en el marco de los ejes de la sostenibilidad y los límites planetarios.

CCA-32

MEDICIÓN DE ISÓTOPOS ESTABLES EN EL VAPOR DE AGUA ATMOSFÉRICO (H216O, H218O Y HD16O) POR ESPECTROSCOPIA FTIR EN EL CENTRO DE MÉXICO

Zuber Alain, Stremme Wolfgang, Grutter Michel,
Rivera Cárdenas Claudia y Bezanilla Morlot Alejandro
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
azuber91@gmail.com

En la actualidad existe incertidumbre acerca del impacto de aumento de la temperatura global en el ciclo hidrológico. Los isótopos estables en las moléculas H216O, H218O y HD16O juegan un papel importante como una herramienta en el estudio de este ciclo. Desde el 2012 se miden espectros de absorción solar en el infrarrojo por transformada de Fourier (espectroscopia FTIR) en el centro de México. A partir de estas mediciones se han podido medir columnas totales y perfiles de los valores δD y $\delta^{18}O$ al comparar los resultados obtenidos con el Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW). El presente estudio discute los resultados de los valores δD y $\delta^{18}O$ en el vapor de agua atmosférico para el centro de México. Finalmente, discutimos las posibles fuentes de origen del vapor de agua a partir de una climatología de 10 años.

CCA-33

ISÓTOPOS ESTABLES (2H Y 18O) EN EL VAPOR DE AGUA ATMOSFÉRICO Y SUS APLICACIONES EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Hernández-Pérez Eliseo, Levresse Gilles y Carrera-Hernández Jaime Jesús
Centro de Geociencias, UNAM
eliseo_hdez@hotmail.com

La composición isotópica del vapor de agua es estimada mediante la colecta de agua de lluvia, condensación de vapor de agua atmosférico e imágenes satelitales. En regiones áridas y semiáridas con prolongadas temporadas de sequía, no es

posible colectar precipitación continuamente, por lo que la medición de vapor atmosférico toma gran relevancia. La composición isotópica del $\delta^{2}H$ y $\delta^{18}O$ en el vapor de agua atmosférico (δA), es una herramienta importante para la comprensión de los modelos atmosféricos nivel local, regional y temporal de sistemas hidrológicos, atmosféricos, climatológicos, paleoclimatológicos, ecohidrológicos, de contaminación antropogénica y de cambio climático. La fuente principal del vapor de agua en la atmósfera es el océano y los cambios en la composición están relacionados con factores ambientales (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar), continentales (latitud, altitud, distancia de la costa, efectos orográficos) y condiciones de precipitación (intensidad y duración) durante el transporte por las masas de aire. El estudio de la composición de vapor de agua moderna provee un contexto importante que permite apoyar a los estudios de evolución climática pasada, presente y futura. Desde el punto de vista hidrológico y paleoclimático los eventos a largo plazo y de mayor intensidad son de trascendencia. En contraparte, desde el punto de vista climatológico y atmosférico las variaciones temporales a menor escala adquieren mayor relevancia; ya que permiten evaluar la complejidad de los procesos de menor duración que se engloban en las mediciones a largo plazo. La δA permite identificar y cuantificar la evaporación, evapotranspiración y perturbaciones antropogénicas en la hidrosfera. El uso de combustibles fósiles libera vapor de agua, CO₂ y NO_x hacia la atmósfera. Su dispersión y las reacciones fotoquímicas son una fuente significativa de GEI impactando en el ciclo del agua durante eventos de inversión térmica en invierno e islas de calor en verano. Actualmente, la información acerca de la composición isotópica de la δA es escasa debido a la complejidad y costos que se presentan para realizar un monitoreo continuo. Las técnicas satelitales son a gran escala y carecen de resolución espacial para atender problemáticas de tipo local. Por otra parte, las técnicas tradicionales de enfriamiento criogénico consumen mucho tiempo y limitan el número de muestras. Las técnicas de análisis instrumental de infrarrojo permiten una medición continua, sin embargo, la aplicación de estas técnicas es limitada por a sus costos y requerimientos de instalación. En este trabajo se ha diseñado y construido un sistema criogénico, económico, robusto y autónomo de condensación continua que permite la colección diaria (de 12 a 24 H) de condensado de vapor atmosférico para su análisis por espectrometría convencional. Este sistema está en funcionamiento desde el mayo 2022, para caracterizar establecer las condiciones idóneas de operación, caracterizar una la firma isotópica e identificar el impacto de eventos atmosféricos en la atmósfera en el Centro de México. La finalidad este trabajo es el establecimiento de una red de monitoreo continuo en México para caracterizar la composición isotópica de eventos meteorológicos de tipo regional, así como eventos de contaminación del tipo local.

CCA-34

ESTUDIO DE BRUMA EN JURIQUELLA, QUERÉTARO

López Flores Ximena¹, Montero Martínez Guillermo² y García García Fernando²¹Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, ENCB²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
xlopezf1400@alumno.ipn.mx

Este trabajo presenta resultados de la variación de la visibilidad atmosférica en periodos de tiempo sin precipitación. El análisis se hizo usando observaciones del rango óptico meteorológico (MOR) en Juriqueilla, Querétaro. El MOR es la longitud de la trayectoria en la atmósfera necesaria para reducir el flujo luminoso en un haz colimado de una lámpara incandescente, a una temperatura de calor de 2700 K a un 5% de su valor original, evaluado por medio de la función de luminosidad fotométrica de la comisión internacional de iluminación y se expresa en kilómetros o metros. El principal objetivo del estudio de visibilidad es la caracterización de la masa de aire con fines meteorológicos y climatológicos; la cual puede ser afectada por distintos parámetros como lo son humedad relativa (RH), precipitación, viento y algunos contaminantes (SO₂, NO_x, PM_{2.5}). Es importante mencionar que el NO_x y el SO₂ son precursores de partículas. En particular, el análisis está enfocado en periodos de ocurrencia de bruma (valores de MOR menor a 10000 m pero mayor a 1000 m). De esta manera, se analizó cómo afectaba cada uno de los parámetros a la visibilidad en el año de 2016. En el periodo de bruma, se observó que los valores de la RH y la concentración de SO₂ son mayores durante los episodios de bruma con respecto a los periodos de buena visibilidad (MOR > 10000 m). El viento no es factor ya que en los periodos estudiados tuvieron casi los mismos valores y el parámetro de temperatura no tiene datos concretos que afecten la visibilidad. La utilidad de estos resultados puede producirse dependiendo de la actividad industrial de la ciudad que tendrá efecto en la variación de los contaminantes criterio.

CCA-35

INFLUENCIA DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y AGENTES CONTAMINANTES EN LA FORMACIÓN DE BRUMA AL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Miranda Claudes Blanca Adilen¹, Montero Martínez Guillermo² y García García Fernando²¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
adilenmiranda@ciencias.unam.mx

El Rango Óptico Meteorológico (MOR) es una forma objetiva de medir la visibilidad que se basa en la evaluación de la transparencia de la atmósfera. Se trata de la distancia que debe recorrer un haz de luz emitido por una lámpara incandescente, para que la intensidad de su flujo luminoso disminuya un 5% su valor original. El

monitoreo y estudio de esta variable ayudan a la identificación de las características de las masas de aire por lo que representan herramientas importantes para los servicios meteorológicos para la aviación. Este estudio tiene como objetivo identificar si existe una relación entre los datos de MOR, las condiciones meteorológicas y la concentración de contaminantes en la atmósfera al sur de la Ciudad de México durante el periodo que comprende los años 2014 y 2015. Para ello, se realizó un análisis estadístico de las bases de datos que ofrecen la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) sobre la meteorología y MOR, y la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) sobre contaminantes precursores de partículas (NOx y SO2) y material particulado (PM2.5). Para este estudio, se usaron como criterio discriminante los episodios de disminución de MOR de 1 hasta 10 km que, según estudios previos, corresponden a la incidencia de bruma en la atmósfera. Como resultado se obtuvo que la humedad relativa y la presencia de NOx y partículas PM2.5 son factores de importancia para la ocurrencia de episodios de bruma en la Ciudad de México, ya que al contrastarlos con eventos que tienen valores de MOR mayores a 10 km, estos arrojan diferencias significativas en el análisis estadístico. Por otro lado, la diferencia de los datos de SO2 y otras variables meteorológicas como la temperatura y velocidad del viento, al no presentar suficiente diferencia estadística entre los eventos de bruma y no bruma pueden ser no significativos para este estudio.

CCA-36

RESULTADOS PRELIMINARES DE UN MONITOREO DE AMONIACO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO EN UNA GRAN AVÍCOLA

Andraca Ayala Gema Luz¹, Castañeda Serrano María del Pilar², Sánchez Ramírez Ezequiel², Ugalde Ortiz Daniela Betzabe², Hernández Solís José Manuel¹, Hernández Paniagua Iván Yassmany¹ y Torres Jardón Ricardo¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

gema@atmosfera.unam.mx

México es el primer consumidor per-cápita de huevo fresco a nivel mundial, en el 2020 se registró un consumo promedio de 22.95 kg por persona. En 2019 la industria avícola fue la actividad pecuaria más dinámica del país, representando el 63.3% de este tipo de actividades (Avicultores, 2022). Las emisiones al aire provenientes de todas las acciones de alimentar y manejar la producción de huevo y pollo son ahora de interés ambiental a nivel global. Las emisiones de nitrógeno durante las actividades avícolas en sus diferentes modalidades como NH3 pueden contribuir directa o indirectamente a riesgos ambientales y de salud pública (Xin H., y otros, 2011) además de que la producción de huevo y pollo para consumo humano contribuye al cambio climático a través de las emisiones de N2O, CH4 y CO2. El objetivo del proyecto fue evaluar el potencial de emisiones de NH3, N2O, CH4 y CO2 en función de los diferentes alimentos y tipo de alojamiento para gallina de postura en una granja avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Se realizaron muestreos integrados de mediano plazo de amoníaco con dispositivos pasivos Ogawa y de muestreos "semi-instantáneos" tipo grab de aire ambiente en el interior de la granja para la determinación de N2O, CH4 y CO2 en varios periodos en los que se utilizaron seis diferentes combinaciones de dos tipos de alimento (14 y 16% de contenido de nitrógeno) y tres formas de alojamiento (jaula convencional, jaula enriquecida y piso) en junio del 2021. Para el caso del amoníaco se colocaron dispositivos pasivos Ogawa en cada una de las áreas de alojamiento utilizando los dos tipos de alimento por un periodo de un mes con cambios de dispositivo cada 7 días. La masa capturada de amoníaco durante el muestreo se analizó por medio de HPLC fase reversa en el Laboratorio Compartido de Cromatografía del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC). Para el caso de los gases de efecto invernadero se analizó la muestra por medio de un cromatógrafo de gases GEI en el Laboratorio de CG del grupo de Físicoquímica Atmosférica del ICAYCC. Los resultados de las concentraciones integradas de amoníaco para cada periodo de muestreo indican que, de acuerdo con pruebas estadísticas de significancia, las combinaciones de jaula enriquecida y piso con ingesta de alimento al 14% de proteína son significativamente menores a las combinaciones de jaula convencional con los dos tipos de alimento. Las concentraciones integradas de amoníaco van de 1.60 a 3.62 ppmv, para óxido nítrico se encuentran desde las concentraciones ambientales hasta 1.47 ppmv, metano 2.04 a 3.35 ppmv y dióxido de carbono de 472 a 876.4 ppmv. Cabe mencionar que este es el primer estudio en México para determinar este tipo de gases contaminantes en la industria avícola nacional con las condiciones ambientales regionales, con el fin de apoyar los esfuerzos de implementación de medidas de mitigación de GEI y amoníaco a nivel nacional.

CCA-37

PERCEPCIÓN REMOTA DE GASES TRAZAS EN EL CENTRO DE MÉXICO: COMPLEMENTO DE DIFERENTES TÉCNICAS DESDE EL SUELO Y EL ESPACIO

Stremme Wolfgang, Grutter Michel, Bezanilla Morlot Alejandro, Rivera Claudia, García Zuber Alain Jair, Ambríz Ricardo, Hernández Gutiérrez Luis Alejandro y Taquet Noemí

Universidad Nacional Autónoma de México, CCA

stremme@atmosfera.unam.mx

Las mediciones de percepción remota desde la superficie y desde el espacio proporcionan información valiosa sobre la calidad del aire y cambios en la composición de la atmósfera. Especialmente se pueden visualizar gases críticos

para el entendimiento de la contaminación urbana como es el NO2 (Dióxido de Nitrógeno) y el CO (Monóxido de Carbono) con mediciones del instrumento TROPOMI a bordo del satélite Sentinel-5P. Sin embargo, su detección y visualización desde el espacio todavía no proveen de una cuantificación confiable por lo que se requieren de estudios de validación y calibración con datos de superficie. Para este objetivo, entre otros, se toman datos desde hace más de 10 años con diferentes técnicas de percepción remota a través de la absorción solar directa tanto en el infrarrojo como en el UV-VIS. Las mediciones tanto desde la superficie como de los satélites tienen diferentes sensibilidades, por lo cual la comparación representa, por un lado, un reto interesante y por el otro la combinación de mediciones parcialmente complementarias permite generar más información sobre el estado real de la atmósfera. En esta contribución presentamos las mediciones de diferentes técnicas y discutimos cómo se podría obtener información con resolución vertical a partir de la combinación de diferentes mediciones. Se presenta la estimación de la concentración de CO en superficie a partir de mediciones de TROPOMI y cómo esta estimación se compara con mediciones en la superficie.

CCA-38

ANÁLISIS DE LAS SERIES DE TIEMPO DE 1992 A 2019 DE LOS CONTAMINANTES: OZONO, DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO, MONÓXIDO DE CARBONO Y PM10, EN LA CDMX

Rodríguez Vázquez Sayury Guadalupe¹, Contreras Tereza Victor Kevin² y Monreal Jiménez Rosalinda³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

sayury_rodriguez@ciencias.unam.mx

La Ciudad de México es una de las ciudades más contaminadas del mundo debido a su orografía, sistemas naturales propios de la altitud, población y fuentes emisoras de contaminantes, además de otros factores. Si bien se han presentado algunos problemas, las concentraciones de varios de los contaminantes criterio se han reducido a lo largo del tiempo, aunque, los niveles de estos aún siguen siendo un problema ambiental y de salud pública por los daños que generan. Por los motivos expuestos anteriormente, se analizaron las series de tiempo de las concentraciones de los contaminantes O3, SO2, NO2, CO y PM10, los cuales pertenecen a los contaminantes criterio, para determinar sus ciclos, periodicidad, niveles máximos y mínimos y así poder conocer a partir de esta información, por cuánto tiempo permanece cada contaminante en la CDMX. Adicionalmente se calcularon las tendencias espaciales y temporales de cada contaminante, con lo que se pudo conocer cuáles zonas presentan la mayor concentración de cada uno, además de las horas del día y los meses del año en los que se acentúa esta concentración. Gracias al estudio se concluyó que las zonas con mayor concentración de cada contaminante son: O3-Suroeste, SO2-Noroeste, NO2 y CO-Centro, PM10-Noreste. Las zonas con menor concentración para cada contaminante son: O3-Centro, SO2-Suroeste y Sureste, NO2-Sureste y Noreste, CO-Suroeste, PM10-Suroeste, por lo cual, la zona Suroeste es la menos contaminada en general, exceptuando que es la que presenta más ozono. Además, se concluyó que la componente dominante en la periodicidad de las series es de: 1 día en el caso del O3; 1 año para el SO2; 12 horas y 1 año para el NO2; 1 día y 1 año para el CO; y 1 año para las PM10. Finalmente, se encontró una reducción en la concentración de casi todos los contaminantes, excepto las PM10 que presentaron un ligero aumento.

CCA-39

MONITOREO DE PARTÍCULAS PM10 Y PM2.5 EN UN AMBIENTE URBANO MEDIANTE SENSORES DE BAJO COSTO

Mora Ramírez Marco Antonio¹, Torres Jaramillo Jorge Alejandro², Reyes Matamoros Jenaro², Balderas Romero Gabriel³ y Alcántara Flores José Luis⁴

¹Facultad de Ciencias Químicas, BUAP

²ICUAP - BUAP

³DIAU, BUAP

⁴Centro de Química, BUAP

marco.x.mora@gmail.com

El análisis de la exposición de peatones a partículas finas (PM10 y PM2.5) es un tema fundamental en la vida urbana contemporánea. Los sensores de bajo costo son una opción debido a su asequibilidad y disponibilidad. Sin embargo, la validez y confiabilidad de los sensores de bajo costo merece atención. En este trabajo se muestran resultados de la calibración de sensores de partículas SDS011 (Nova Fitness). Se colocaron 4 copias de los sensores en un mismo sitio para comparar el rendimiento de los sensores en las mismas condiciones de operación durante una semana. La reproducibilidad entre las unidades se evaluó con base en el coeficiente de variación (CV < 7%). Así mismo, se instalaron 2 copias de sensores en el sitio de monitoreo de Ninfas en la Ciudad de Puebla (19.04° N, -98.21° O) y en el Laboratorio de Análisis Ambiental (19.48° N, -99.15° O) de la CDMX con la finalidad de calibrar las salidas de los sensores de partículas. Se observó el impacto de la humedad relativa sobre los resultados con una sobre estimación de las salidas por encima del valor de referencia. Finalmente se hicieron 4-recorridos simultáneos a pie en horarios matutinos y vespertinos para identificar los sitios de mayores concentraciones de

partículas y las fuentes que los generan dentro de la zona centro de la Ciudad de Puebla.

CCA-40

IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DIÉSEL SOBRE LA EXPOSICIÓN A PM_{2.5} E HPAS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Paniagua Iván Yassmany, Jazcilevich Arón, Amador Muñoz Omar, Andraca Ayala Gema Luz y Rosas Pérez Irma
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 ivan.hernandez@atmosfera.unam.mx

En el transporte público masivo de la Ciudad de México, se han observado concentraciones de exposición a PM_{2.5} e hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPAs) significativamente mayores (hasta 3.1 veces) en sistemas que operan con motores de combustión interna diésel con tecnología Euro IV–V (Metrobús) en comparación con el metro. No obstante, con la renovación y actualización de la flota de camiones del Metrobús al estándar EPA-16 se ha identificado un impacto significativo en la disminución de la exposición de alrededor de 56–70 % a PM_{2.5} y HPAs en los usuarios de este transporte. La exposición a PM_{2.5} y HPAs en transportes a diésel con tecnologías de emisión más limpias es similar e incluso menor a los valores observados en el metro. Adicionalmente, variables como el horario de viaje, configuración de los camiones/metro, operación del aire acondicionado y carga vehicular entre otras, tienen también impactos significativos en la exposición a la contaminación dentro del transporte público. Los resultados obtenidos demuestran un beneficio en términos de disminución de la exposición personal propiciados por la introducción de nuevas tecnologías de diésel y sistemas de filtrado de aire dentro de las cabinas de los autobuses.

CCA-41

CARACTERIZACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE AEROSOL DURANTE UN EPISODIO DE ALTA CONTAMINACIÓN SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO

Carabali Sandoval Giovanni Alberto¹, Villanueva-Macias José², Ladino Luis A.³, Álvarez-Ospina Harry⁴, Andraca Ayala Gema Luz⁵, Miranda Javier⁶, Grutter Michel⁷, Silva Ma. Montserrat⁸, Riveros-Rosas David⁹, Valdés Barrón Mauro⁷ y Estévez Héctor⁷

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Química, UNAM

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

⁴Facultad de Ciencias, UNAM

⁵ICAYCC - UNAM

⁶Instituto de Física, UNAM

⁷IGF, UNAM

carabali@igeofisica.unam.mx

Se estudió la morfología y la composición química del aerosol atmosférico emitido durante un periodo de contingencia atmosférica (CA) en la Ciudad de México (CDMX). En la semana del 10 al 17 de mayo del 2019, se registraron concentraciones de material particulado (PM_{2.5}) dos veces mayores que los permitidos por las normas mexicanas de calidad del aire. Esta alta carga de contaminantes atmosféricos incrementó significativamente la profundidad óptica del aerosol (AOD), lo que originó una pérdida del 17% de la radiación solar global (GHI) que llega a la superficie y una drástica reducción de la visibilidad (Va). El análisis individual de partículas empleando las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), de transmisión (TEM) y la espectroscopia de fluorescencia de rayos X, revelaron una alta incidencia de partículas fuertemente absorbentes, como el hollín y las bolas de alquitrán. Similares resultados se observaron para partículas colectadas en el Observatorio Atmosférico Altzomoni (OAA), indicando una posible influencia de contaminantes generados en zonas urbanas.

CCA-42

DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLEN DE ENCINO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia y Martínez López Benjamín
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 mlce@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se analizan series de tiempo de polen de encinos (*Quercus*) disponibles para el periodo 2012-2022 en dos estaciones de la CDMX. Las mayores concentraciones se presentan en Cuajimalpa durante los meses de marzo y abril de 2012 y 2014, observándose el máximo absoluto en 2014. En Coyoacán, se presentan en general concentraciones menores que las observadas en Cuajimalpa y está ausente el máximo absoluto de 2014, el cual se presenta en 2012. En las dos estaciones es aparente una disminución sostenida en el largo plazo de la cantidad de polen suspendido en la atmósfera. La longitud de las series, sin embargo, es muy corta para estimar robustamente las tendencias de estas variaciones y su posible relación, o no, con el cambio climático. Evaluamos si cambios en el uso de suelo o factores meteorológicos pueden explicar este comportamiento a la baja en la cantidad de polen de encino. Resultados preliminares sugieren que no son los cambios en el uso de suelo, sino algunas condiciones meteorológicas excepcionales

las que podrían estar relacionados con la gran cantidad de polen de los primeros años y su posterior disminución.

CCA-43

VARIACIONES TEMPORALES DEL CARBONO NEGRO Y UBICACIÓN DE SUS FUENTES EN TACNA, PERÚ

Liñán Abanto Rafael
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, UNJBG
 rmlinan@unjbg.edu.pe

Se realizaron mediciones continuas de la concentración de carbono negro (BC) y de los principales parámetros meteorológicos, con una resolución temporal de un minuto, desde noviembre del 2019 a septiembre del 2021, en la ciudad de Tacna, Perú. Durante el invierno se observó el mayor promedio estacional de BC con un valor de $0.85 \pm 0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En primavera, verano y otoño, los promedios de BC fueron $0.70 \pm 0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.73 \pm 0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0.70 \pm 0.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. El promedio anual de BC fue $0.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el año 2020 y $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2021. Los ciclos diarios estacionales del BC son similares, presentan dos máximos (mañana y noche) y dos mínimos (mañana y tarde). Por su parte, la velocidad del viento promedio es mayor durante la primavera y menor en invierno. Analizamos la influencia de la velocidad del viento sobre la concentración de carbono negro y determinamos la ubicación de sus fuentes más importantes para cada temporada. La concentración de BC presenta un notable efecto fin de semana. Los resultados de BC obtenidos son concordantes con observaciones de este contaminante en diferentes zonas urbanas del mundo.

CCA-44

MODELACIÓN NUMÉRICA APLICADA A LA ASTROBIOLOGÍA EN LA ATMÓSFERA DE TITÁN

Chin Canche Guillermo Adrian¹, Farfán Molina Luis Manuel², Rafkin Scot³ y Chávez Dagostino Miguel⁴

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

²CICESE

³Southwest Research Institute

⁴IAOAE

gchin@cicese.edu.mx

Comprender la dinámica atmosférica de un cuerpo planetario extraterrestre no solo es de interés para la astrofísica y planetología, sino que también tiene implicaciones desde la física de fluidos geofísicos hasta aspectos fundamentales de la meteorología y climatología de la Tierra. Titán, por ejemplo, es uno de los satélites de Saturno con un ciclo volátil de metano (análogo al ciclo hidrológico de la Tierra), y su atmósfera densa de nitrógeno con una presión superficial 1.5 veces mayor que la de la Tierra es rica en química orgánica. En los últimos años ha habido un interés particular en estudiar la dinámica de la atmósfera de Titán debido a su importancia astrobiológica, ya que múltiples estudios indican que su atmósfera es muy similar a la de la Tierra cuando tuvo origen la vida. En la actualidad, no existen técnicas de observación que permitan la recopilación de datos del PBL de Titán hasta la llegada de la misión Dragonfly a mediados de la década de 2030, por lo que utilizar modelos atmosféricos, limitados por las observaciones existentes, es la mejor manera para hacer un progreso científico continuo. En el presente trabajo se presenta un resumen sobre los principales descubrimientos en la climatología de Titán y el análisis de diversas propuestas para aplicar nuevas metodologías a la modelación de su atmósfera en diversas escalas espaciales y temporales

CCA-45 CARTEL

DATOS DIARIOS DE TMAX, TMIN Y PCP PARA MÉXICO (1921-2020)

Vázquez Cruz Gustavo y Magaña Rueda Víctor O.
Instituto de Geografía, UNAM
 gvc@unam.mx

Son numerosas las bases de datos existentes en el mundo para analizar las tendencias del clima. En el caso de México, diversas bases de datos se han puesto a disposición de la comunidad, ofreciendo alta resolución (e.g., WorldClim) sin que necesariamente reflejen lo que la red de estaciones meteorológicas ha medido desde los 1920s. La asimilación de datos es una tarea que se ha desarrollado desde los años 1940s para pasar de puntos con información espaciada aleatoriamente a arreglos regulares que permitan su despliegue y manejo con sistemas de cómputo y visualización. Uno de los métodos que ha mostrado más eficiencia en reflejar en un arreglo regular, lo que las mediciones en estaciones entregan, es el Método de Asimilación de Datos de Correcciones Sucesivas propuesto por Cressman en los años 1950s. Siguiendo este esquema, y considerando diversos campos preliminares, se ha construido una base de datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para el periodo 1921-2020, considerando la densidad de estaciones, su calidad de datos y factores físicos dominantes. Las estadísticas climáticas nacionales se comparan con las de otras fuentes existentes y se señalan alcances y limitaciones de cada una. La utilidad de la presente base de datos para obtener valores medio así como valores extremos y sus tendencias puede resultar de utilidad en estudios de variabilidad y cambio climático.

CCA-46 CARTEL

CONSTRUCCIÓN DE VARIOGRAMAS DE LAS SERIES DE TEMPORALES DE DATOS DE LLUVIA, TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA CERRO PRIETO, LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Ramírez Trejos Pablo Antonio y Soto Villalobos Roberto
 Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAN
 pabloramiez3311@gmail.com

El variograma describe estadísticamente cómo los valores en dos puntos de una serie temporal se vuelven diferentes a medida que aumenta la separación temporal entre estos puntos. La variación entre los puntos de una serie temporal suele tener un comportamiento esférico o exponencial, por lo que los modelos basados en tales funciones se utilizan comúnmente para ajustar y explicar una serie de tiempo. Usamos los datos de lluvia acumulada, temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima y evaporación; recolectados por la estación climatológica: 19011 Cerro Prieto, puesta por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La estación climatológica ha recolectado datos diariamente desde 1958 hasta el 2018. Después de transformar los datos, que originalmente tenían una tendencia periódica, se generaron 5 variogramas de: lluvia acumulada, temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima y evaporación usando los 732 datos de medias mensuales. Finalmente, se le adaptaron los modelos esféricos, exponencial y el novedoso modelo: cuadrático-exponencial.

CCA-47 CARTEL

EVOLUCIÓN DE LA OSCILACIÓN MADDEN-JULIAN EN EL PACIFICO TROPICAL Y POTENCIAL PARA PRONÓSTICO EXTENDIDO DE PRECIPITACIÓN PARA MÉXICO

Pineda-León Roberto, Romero-Centeno Rosario y Perdígón-Morales Juliet
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 leon@atmosfera.unam.mx

En México, como en la mayoría de países, la precipitación es un elemento vital en diversas actividades del sector económico como la agricultura, la generación de energía y el transporte, por mencionar algunos. Los patrones de precipitación en México son complejos y están asociados a fenómenos que presentan diferentes escalas de variabilidad. Entre ellos, la Oscilación Madden-Julian (MJO por sus siglas en inglés) influye y modula algunos de estos patrones de precipitación durante el verano. En este sentido, el presente trabajo pretende caracterizar la evolución de la MJO a lo largo del Pacífico tropical, mediante el Índice multivariado en tiempo real de la MJO (RMM) y datos del reanálisis ERA5, con la finalidad de identificar su persistencia y fechas de eventos de alta intensidad convectiva ocurridos durante su fase activa; así como aportar conocimiento para la obtención de un pronóstico extendido (con 2 a 3 semanas de antelación) de la precipitación en México, utilizando datos del modelo atmosférico global GFS (Global Forecast System).

CCA-48 CARTEL

EVALUACIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO METEOROLÓGICO LOCAL WRF EN LA REGIÓN DE PUERTO VALLARTA

Padilla Ayón Rodrigo¹, Carrillo González Fátima Maciel², Sandoval Hernández Erika², Morales Hernández Julio Cesar², Rendon Contreras Héctor Javier¹ y Chavoya Gama Jorge Ignacio¹
¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²Universidad de Guadalajara, CUCosta, UdeG
 rodrigo.padilla.ayon@gmail.com

Los modelos numéricos de predicción atmosférica podrían ser una herramienta fundamental para los tomadores de decisiones y encargados de la protección civil, de previsión y aprovechamiento de los recursos. Sin embargo, estos requieren ser evaluados para una adecuada interpretación y confiabilidad en sus resultados, en especial cuando existe la amenaza de un evento hidrometeorológico extremo que amenace a la sociedad e infraestructura. En la oficina de IMPLAN de Bahía de Banderas se corre el modelo de simulación numérica y predicción atmosférica el WRF (Weather Research and Forecasting), centrado en la zona metropolitana de Nuevo Vallarta y Puerto Vallarta, con tres anidamientos, resolución final cada 4km. Se corre cada 12 hrs, para las siguientes 120 horas. La información de pronóstico es evaluada con datos observados de cinco Estaciones Meteorológicas Automáticas marca Davis Vantage pro plus II, ubicadas heterogeneamente en la ciudad. En virtud de la información disponible de las salidas del modelo y los datos observados son del 15 de mayo al 31 de diciembre del 2021. Se realizó la comparación punto a punto y mapa a mapa (interpolando) para las principales variables. Se encontró que la temperatura y la humedad tienen una buena asertividad, en promedio el pronóstico es aproximadamente medio °C más abajo y un punto porcentual la humedad. La precipitación tiene un poco más de variabilidad.

CCA-49 CARTEL

EFFECTO DE LA PARAMETRIZACIÓN DE CAPA LÍMITE EN LOS FLUJOS TURBULENTOS OBSERVADOS EN CULTIVOS DE NOGAL Y UVA

Ochoa Moya Carlos A.¹, Quintanar Arturo¹, Macias Vazquez Carlos E.² y Rodríguez Julio C.³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
³Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora
 carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Durante 2017 y 2018 se hicieron mediciones de flujos turbulentos de calor sensible y calor latente mediante la técnica de Eddy Covariance en cultivos de nogal y uva, respectivamente. Estos cultivos se encuentran en el estado de Sonora y pueden considerarse como irrigados de manera permanente. Estas observaciones fueron utilizadas para comparar simulaciones de casos de estudio con el modelo regional Weather Research and Forecasting (WRF) y evaluar los flujos turbulentos obtenidos mediante dos parametrizaciones de capa límite: una local y una no local. Además, debido a que son cultivos irrigados, se modificó la saturación inicial de los primeros 10 cm del suelo para emular el suelo irrigado. Los resultados muestran que la parametrización local muestra mejores resultados y que el aumento en la saturación del suelo ayuda a representar mejor las condiciones reales de los cultivos. También muestran una posible relación con procesos atmosféricos de escala sinóptica de acuerdo a los casos de estudio analizados.

CCA-50 CARTEL

MODULACIÓN DE LA UHI POR PATRONES DE CIRCULACIÓN SINÓPTICA EN EL VALLE DE MÉXICO

Aquino Martínez Lourdes Paola¹, Quintanar Arturo²,
 Ochoa Moya Carlos A.² y Díaz Esteban Yanet²
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²ICAYCC - UNAM
 lulusita.am@gmail.com

En el Valle de México se producen circulaciones locales forzadas térmicamente como los vientos anabáticos/catabáticos en laderas y por isla de calor (UHI), debido a la formación orográfica particular de la región y el cambio de uso de suelo y cubierta vegetal que ha experimentado a lo largo de décadas. Estos fenómenos de mesoescala se ven fuertemente modulados por condiciones de escala sinóptica. Con un análisis clúster de los vientos de 500 hPa durante un periodo de 30 años (1990–2019) se identifican un conjunto de patrones climáticos que se utilizan para explorar la magnitud de la UHI y la intensidad de las circulaciones. Se eligieron casos de estudio para cada clúster para llevar a cabo las simulaciones con el modelo WRF forzados con ERA5 que muestren la dinámica e intensidad de las circulaciones. Los resultados muestran que la intensidad de la UHI se ve modulada por el posicionamiento de un sistema de alta presión centrado sobre el valle de México. Este patrón meteorológico se caracteriza por escasa nubosidad, mayor radiación solar, vientos superficiales más débiles y una inversión térmica matutina más fuerte que persiste más tarde de lo normal.

CCA-51 CARTEL

CARACTERIZACIÓN ESTACIONAL DE LAS VARIACIONES DIURNAS DEL CAMPO DE VIENTO EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC

Ortega Vega Oswaldo René¹, Montero Martínez Martín José¹ y Romero Centeno Rosario²
¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 rene.nubes@gmail.com

La presente investigación se centra en realizar una caracterización estacional de las variaciones diurnas del campo de viento en la región del Istmo de Tehuantepec. Se utilizaron los datos de las componentes zonal (u) y meridional (v) del viento a 10 m sobre la superficie, y de la presión reducida al nivel medio del mar, del reanálisis atmosférico ERA-5, del Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo (ECMWF, en inglés), en el periodo 1979-2019, para un dominio extendido cuyas coordenadas van de 8°N a 28°N y de 84°W a 102°W, el cual incluye la región de estudio. Para llevar a cabo el objetivo principal de esta investigación, se analizó el comportamiento climatológico del campo de viento en 9 sitios a lo largo del Istmo de Tehuantepec mediante rosas de viento, distribuciones de frecuencias, ciclos anuales y ciclos diurnos mensuales promedio. Los resultados muestran las diferencias que existen en las regiones al norte, centro y sur del llamado paso de Chivela, así como en las regiones oceánicas en ambos extremos del istmo. Adicionalmente, se caracterizó la variabilidad diurna del campo de viento a lo largo del Istmo de Tehuantepec, para el invierno y el verano, mediante un análisis de conglomerados de la rapidez del viento promedio horaria. El análisis de conglomerados permitió establecer una división de los datos del viento en tres grupos, tanto para el año típico como para las temporadas de invierno y verano, en los sitios elegidos para el análisis. Los conglomerados se relacionaron con la magnitud de los vientos y se determinaron las direcciones predominantes para cada uno de ellos. Finalmente, se establecieron los horarios preferentes de ocurrencia de los vientos de cada uno de los conglomerados de todos los sitios analizados, para el año típico, invierno y verano.

CCA-52 CARTEL

MONITOREO DE LA SEQUÍA INTRAESTIVAL EN LA ALTA MONTAÑA: CASO PICO DE ORIZABA, PRIMERAS APROXIMACIONES

Morales Martínez Marco Aurelio¹, Cervantes Pérez Juan², Ochoa Martínez Carolina Andrea¹ y Welsh Rodríguez Carlos Manuel¹

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

²Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana
marcmorales@uv.mx

La red de monitoreo meteorológico en México que son las captadoras de los elementos básicos para informar modelos y procedimientos de pronóstico, tales como: temperatura, humedad, precipitación, presión, radiación solar, etc, presenta serios problemas en su funcionamiento. Aunado a lo anterior se debe considerar que ha dejado fuera algunos de los sitios con dificultad de acceso como lo es la alta montaña, no obstante, los sistemas automatizados, han permitido cubrir espacios de ese tipo, y con ello contrastar el comportamiento del sistema meteorológico a diferentes altitudes. El presente trabajo analiza datos de dos años de monitoreo meteorológico (2018-2020), en el área Nor-Este del Volcán Citlaltépetl también conocido como Poyauhtecatí o Pico de Orizaba, en la cabeza de la cuenca de los Ríos Jamapa y Cotaxtla, en el estado de Veracruz, México, en donde las altitudes máximas sobrepasan los 5600 msnm; se busca la presencia del fenómeno conocido como sequía interestival o canícula a altitudes superiores de los 3000 msnm, y con ello, estimar el consecuente grado de déficit hidrológico en la cabeza de la subcuenca Jamapa.

CCA-53 CARTEL

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SEQUÍA EN LAS REGIONES HIDROLÓGICAS DE MÉXICO EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Velázquez Zapata Juan Alberto¹ y Dávila Ortiz Rodrigo²

¹CONACYT - El Colegio de San Luis

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
velazquez.conacyt@gmail.com

Este trabajo evalúa, a partir de simulaciones de Modelos Climáticos Globales (MCG), los cambios proyectados en la precipitación y en indicadores de sequía (basados en el índice estandarizado de precipitación SPI) en las regiones hidrológicas (RH) de México. Para ello, se obtuvieron las proyecciones de 26 MCG del experimento CMIP6, en base a un escenario que representa altos niveles de forzamiento radiativo (SSP5-8.5), el cual representa una proyección de cambio climático severa. Se realizó la comparación de los indicadores entre un periodo histórico (1985-2014) y dos periodos en el futuro, llamados cercano (2040-2069) y lejano (2070-2099). En relación con el cambio de precipitación, los resultados muestran una gran variabilidad entre las proyecciones de los MCG, siendo que se proyectan tanto cambios positivos como negativos para el horizonte cercano. Para el horizonte lejano los resultados muestran una proyección de fuerte decrecimiento, principalmente en las RH de la Península de Baja California, la costa del Pacífico y la Península de Yucatán. Los cambios proyectados en los indicadores de sequía también varían dependiendo del periodo de evaluación. El indicador de cambio en la frecuencia de sequías indica que las RH del centro y el sur de México serían las más afectadas, mientras que un incremento en la duración de la sequía, se presentarían con mayor impacto en las RH de la costa sur del Pacífico y el sureste del país. Además, se evaluó el número de periodos de sequía más severos que el máximo presentado en el periodo histórico, y los resultados muestran proyecciones de un mayor impacto en las RH del sur del país. Los resultados de este trabajo pueden ayudar a visualizar cuales son las regiones hidrológicas con mayor riesgo de sequía en el contexto del cambio climático como una herramienta en la planeación de la gestión del agua.

CCA-54 CARTEL

INDICADORES DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA REGIÓN DE BAHÍA DE BANDERAS, JAL-NAY

Carrillo González Fátima Maciel, Nájera González Areli, Rodríguez Uribe María Carolina, Sandoval Hernández Erika, Morales Hernández Julio Cesar y Cruz Romero Bartolo

Universidad de Guadalajara, UdeG

fatima.carrillo@academicos.udg.mx

La variación del clima en el tiempo a nivel local permite identificar de qué forma se abona al cambio climático. Sin embargo, su discernimiento si la variación es natural o influenciada por actividades antropogénicas, depende mucho de la calidad y cantidad de la información registrada en la localidad. La variabilidad climática como elemento a considerar en investigaciones de vulnerabilidad, riesgo o peligro al cambio climático, a través de índices validados de variabilidad climática requieren de series mayores de 30 años, pero no siempre están disponibles con suficiente cobertura, por lo que se han creado nuevos índices funcionales con datos mensuales. Se obtienen índices de variabilidad climática utilizando datos climáticos mensuales, de series históricas largas y se comparó los resultados con los índices calculados con datos climáticos diarios, aunque de series más cortas y periodos recientes. La región de estudio es la zona costa norte de Jalisco y sur de Nayarit. Se calcularon indicadores en cuatro dimensiones: 1) extremos de variables climáticas,

2) anomalías de variables climáticas, 3) correlación con la variabilidad climática natural y 4) procesos climáticos a largo plazo. De acuerdo con los resultados del caso de estudio, las décadas de 1950-1959 y 2000-2010 fueron las más variantes con respecto al promedio.

CCA-55 CARTEL

THE RESPONSE OF NEOTROPICAL VEGETATION TO INTERGLACIAL CONDITIONS

Piacsek Patricia¹ y Albuquerque Ana Luiza²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UFF, Brazil

piacsekpatricia@geociencias.unam.mx

The Neotropical vegetation has tropical forests with the most significant number of species in the world. Part of this diversity is attributed to past climate fluctuations. Researchers who investigated the genetic connections between the Amazon Forest and the Atlantic Forest point out two main routes are considered: Northwest-Southeast (NW-SE) and Northeast (NE). Phylogenetic and palynological studies indicate that the intermittent formations of ecological corridors on the Northeast route were established under the influence of Quaternary climatic events. However, most palynological research in the area is inserted in the last glacial period, preventing direct inferences from the vegetation to warmer periods. This project aims to solve this problem by reconstructing the NE vegetation route using palynological and paleoclimatic inferences from the last interglacials. We compared the Palynological results of two marine cores (GL-1248 and GL-1180). Records that cover a period not previously reached in other continental records in the region. The marine cores were influenced by the Parnaíba and São Francisco watersheds, which cover the last 130,000 years and 300,000 years, respectively. The inferences will provide crucial data for understanding the vegetation change along the NE Brazil route during interglacial periods and reflect on the consequences of the current pattern of Neotropical biodiversity. Understanding biodiversity dynamics in periods of warm climate (interglacials) will help mitigate the imminent losses of biodiversity caused by anthropogenic climate change. Keywords: Marine Palynology, Biodiversity, Interglacials, Climate Change.

CCA-56 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA COBERTURA DE NIEVE/HIELO EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO MEDIANTE DESCOMPOSICIÓN EMPÍRICA EN MODOS EN IMÁGENES LANDSAT

Sánchez Martínez Alfredo¹, Hernández Gómez Jorge Javier², Orozco del Castillo Mauricio Gabriel³, Yáñez Casas Gabriela Aurora⁴ y Casillas Aviña Gael Emiliano⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo ESCOM

²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial

³Tecnológico Nacional de México/IT de Mérida, Departamento de Sistemas y Computación

⁴Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 9 "Juan de Dios Batiz". Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas UPIITA

asanchezm1802@alumno.ipn.mx

La drástica disminución de la capa de nieve y hielo en los principales picos del Cinturón Volcánico Transmexicano ha sido observada tanto por la población civil como por científicos. Esta disminución se ha producido particularmente en los glaciares que alguna vez se consideraron permanentes en dichos picos. En este trabajo, se utilizan imágenes satelitales Landsat para evaluar el cambio en la capa de nieve y hielo en los tres picos principales del Cinturón Volcánico Transmexicano: Iztaccíhuatl (5,230 m.s.n.m.), Popocatepelt (5,426 m.s.n.m.) y Citlaltépetl (5,636 m.s.n.m.). Mediante técnicas de segmentación de imágenes, se obtiene una serie temporal de cobertura de nieve y hielo para cada volcán. De manera subsecuente, las tendencias temporales se obtuvieron mediante la técnica de descomposición empírica en modos (DEM). Para el periodo de estudio entre 1985 y 2020, los análisis muestran una clara tendencia decreciente en el área cubierta por nieve y hielo (una reducción promedio de 27.74 % para Iztaccíhuatl y Citlaltépetl). Esto es particularmente intenso para el volcán Popocatepelt (99.93 % de 1985 a 2020). Tal comportamiento de las series de tiempo de la cubierta de nieve y hielo parece atribuirse a algunas periodicidades en el ciclo solar, así como a la actividad eruptiva del volcán Popocatepelt desde 1999; otra causa potencial podría ser el impacto del calentamiento global en la región.

CCA-57 CARTEL

VARIABILIDAD DE LA CONCENTRACIÓN DE INPS EN PRESENCIA Y AUSENCIA DE AFLORAMIENTOS DE FITOPLANCTON EN LAS COSTAS DEL PACÍFICO MEXICANO

Leal Daniela¹, Córdoba Fernanda¹, Márquez Isabel¹, Olivos Aramis², Alvarez Harry³, Raga Graciela B.¹ y Ladino Luis A.¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima

³Facultad de Ciencias, UNAM

danielaalejandra@ciencias.unam.mx

Los núcleos de hielo o INPs (por sus siglas en inglés) son partículas de aerosol que facilitan la formación de hielo en las nubes (Lohmann et al., 2016). Estudios recientes han demostrado que el aerosol marino tiene la capacidad de actuar como INP (Wilson et al., 2015; Ladino et al., 2019; Córdoba et al., 2021). El aerosol marino contribuye significativamente a la carga global de aerosoles y en consecuencia, tiene un impacto significativo tanto en el balance radiativo como en el clima del planeta (O'Dowd and De Leeuw, 2007). A la fecha, gran parte del enfoque del aerosol marino se ha centrado en el impacto que éste tiene en las nubes cálidas; sin embargo, se ha demostrado que el aerosol marino involucra la presencia de especies biológicas como el fitoplancton, pudiendo impactar las nubes frías (Cochran et al., 2017). Algunos estudios sugieren que la presencia de partículas biológicas marinas como las diatomeas pueden facilitar la formación de cristales de hielo dentro de las nubes; sin embargo, este fenómeno ha sido poco estudiado en las aguas del Pacífico. Para poder evaluar el impacto que tiene el fitoplancton en la concentración de INPs, se realizó la recolección de muestras de microcapa superficial del océano (SML, por sus siglas en inglés) y de aguas subsuperficiales (SSW, por sus siglas en inglés) en el océano Pacífico (Manzanillo, Colima). La recolección de muestras se realizó el 06 y 09 de abril de 2022. El análisis de INPs en las muestras recolectadas se realizó por medio de la técnica de congelación por inmersión, con ayuda del sistema UNAM-DFA (Droplet Freezing Assay, Ladino et al., 2022). Se encontró que las muestras de SSW presentaron una mayor eficiencia para catalizar hielo en comparación con las muestras de SML. Así mismo las muestras obtenidas el 6/04/22 presentaron una mayor eficiencia como INPs, probablemente debido a la presencia de materia orgánica, demostrando que existe una importante correlación entre INPs y la concentración de clorofila-a. Por último, se encontró que las aguas del Pacífico Mexicano emiten partículas de aerosol menos eficientes como INPs que las emitidas en el Pacífico Norte, pero comparables a las emitidas en el Golfo de México.

CCA-58 CARTEL

MEDICIÓN DE COLUMNAS DE NO₂ A TRAVÉS DE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS DE ABSORCIÓN SOLAR DIRECTA

Ambriz Medina Ricardo, Stremme Wolfgang, Bezanilla Morlot Alejandro y Grutter Michel
Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático
314261416@quimica.unam.mx

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es uno de los principales contaminantes dentro de las grandes urbes, un precursor de ozono (O₃) y principal responsable de la lluvia ácida razón por la cual la medición de este contaminante resulta muy interesante como trazador de emisiones originadas por la quema de combustibles fósiles y para el estudio de las fuentes y el transporte dentro de la Ciudad de México. Las principales fuentes de NO₂ son los vehículos con motores de combustión interna, la generación de energía eléctrica y la industria en general. Mapas de las columnas verticales de NO₂ se han visualizado desde el espacio a través de diversas misiones satelitales (OMI y TROPOMI) analizando la luz solar reflejada en la superficie. Próximamente con TEMPO (Tropospheric Emission: Monitoring of Pollution), un satélite geostacionario diseñado por la NASA, se planea el lanzamiento en 2023 para observar la calidad del aire en América del Norte. Para aprovechar la información de estas misiones satelitales se tienen que validar y calibrar los productos a partir de mediciones realizadas desde superficie. La red global de instrumentos PANDORA está diseñada para este objetivo, pero la cobertura de estos instrumentos de alto valor que consisten de un espectrómetro y rastreador solar de alta precisión se podría complementar con instrumentos más económicos. Para la realización de este objetivo se instaló un espectrómetro de dos canales AvaSpec-DUAL de la compañía Avantes en la cavidad de un espectrómetro FTIR (EM27/SUN de la compañía Bruker) que ya cuenta con un sistema de seguimiento solar, el cual se encuentra ubicado en el centro de la Ciudad de México en el techo del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) de la UNAM. Se utilizaron diferentes configuraciones ópticas con el fin de determinar la metodología más adecuada y se desarrolló un software en Python para el control y procesamiento de los datos y así poder recuperar las columnas de NO₂ medidas durante el día. Se busca evaluar las limitaciones, dificultades y oportunidad de la técnica general y llevar a cabo una validación de los resultados obtenidos con el espectrómetro PANDORA instalado en el mismo sitio, pues se trata de una configuración con gran oportunidad dada su portabilidad y bajo costo.

CCA-59 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE METANO EN LA ZONA DEL BORDO DE XOCHIACA, CDMX

Hernández Gutiérrez Luis Alejandro, Bezanilla Morlot Alejandro, Taquet Noemie, Stremme Wolfgang, González del Castillo Eugenia, Grutter Michel, Almanza Víctor, García-Zuber Alain y Campos Pineda Mixtil

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático
ozzliis@ciencias.unam.mx

El estudio de las emisiones de metano, un contaminante climático de vida corta, es de suma importancia en temas de contaminación ambiental en las zonas urbanas como precursor de ozono. Además, el CH₄ tiene un alto potencial de calentamiento global (28 veces mayor que el dióxido de carbono en un período de 100 años), siendo así el segundo gas de efecto invernadero más importante. En este trabajo se presenta una primera aproximación para determinar la emisión de metano proveniente de actividades relacionadas al tratamiento de agua residuales y basura en la zona del Bordo de Xochiaca, CDMX. Se utilizaron las técnicas de espectroscopia FTIR por absorción solar (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) y espectroscopia CRD (Cavity Ring Down Spectroscopy), para la obtención de la concentración integrada en la columna vertical y la concentración en superficie, respectivamente, durante una campaña de 3 meses realizada durante el proyecto MERCI-CO₂. Se utiliza un modelo de pluma simplificado con el fin de estimar la emisión de metano proveniente del punto con mayor concentración de este gas. Para eso, se realizó un análisis estadístico sobre la correlación de las anomalías en las concentraciones y columnas de CH₄ con respecto a distintas direcciones de viento de la región y se estimaron los flujos de metano y la emisión de este gas.

CCA-60 CARTEL

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN Y TENDENCIA DEL METANO A PARTIR DE MÁS DE 8 AÑOS DE MEDICIONES IN SITU Y MEDICIONES DE ABSORCIÓN SOLAR EN EL INFRARROJO

Bezanilla Morlot Alejandro¹, Stremme Wolfgang¹, Hernández Gutiérrez Luis Alejandro², González del Castillo Eugenia¹, Taquet Noemie¹ y Grutter Michel¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

abezanilla@atmosfera.unam.mx

El metano es uno de los gases de efecto invernadero que más contribuyen al calentamiento global, debido a su potencial de calentamiento global, el cual es 28 veces mayor que el del CO₂ en un periodo de 100 años. Además es uno de los gases de efecto invernadero más emitidos por las actividades antropogénicas y a pesar de que su emisión global es conocida la cuantificación de las diferentes fuentes no está del todo determinada. También debido a su relativamente corto tiempo de vida (9 a 12 años) ha pasado a ser parte de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), lo cual lo convierte en una opción interesante para reducir sus emisiones, ya que si se lograra dicha reducción el efecto que tendría para el calentamiento global se reflejaba en un corto plazo. El grupo de Espectroscopia y Percepción Remota del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM lleva realizando mediciones in situ de la concentración de este gas con analizadores PICARRO por más de 8 años en varias estaciones. También lleva realizando mediciones continuas por más de 10 años de absorción solar en el infrarrojo en el campus de la UNAM y en una estación de altura, en el parque IZTA-POPO. Esta es una técnica utilizada para realizar estudios de gases de atmosféricos que ha sido ampliamente utilizada por más de 40 años la cual permite obtener columnas de varios gases que absorben radiación en el rango infrarrojo como es el caso del metano. En este trabajo se analiza el valor de la concentración de este gas obtenido de las mediciones in situ y también el valor de las columnas obtenidos de las mediciones de absorción solar para ambas series de medición y se analizará la tendencia de las mismas.

CCA-61 CARTEL

EXPOSICIÓN HUMANA A LA CONTAMINACIÓN EN EL CAÑÓN URBANO MEDIANTE UN SISTEMA DE MODELACIÓN CON ALTA RESOLUCIÓN

Zavala Juan¹, Rosas Pérez Irma² y Jazcilevich Arón²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Mérida, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

jjzrey@gmail.com

Se estima que la exposición humana a la contaminación causa 4.2 millones de muertes cada año. Entre los principales culpables de esta mortalidad son las partículas atmosféricas menores a 2.5 μm (PM_{2.5}), y que están relacionadas a enfermedades respiratorias y cáncer. Las emisiones provenientes del sector transporte, en su mayoría debidas al uso de diésel, son responsables de hasta 30% de las emisiones de partículas atmosféricas en ciudades europeas y hasta el 50% en países pertenecientes a la OCDE. Además, la exposición a las emisiones vehiculares se ve potenciada en el cañón urbano (edificios alineados en ambos lados y con la calle al centro). Donde debido a la falta de ventilación natural o al alto flujo vehicular, se pueden observar concentraciones elevadas de partículas

atmosféricas lo que ocasiona una respuesta inflamatoria pulmonar en humanos sanos, e incrementa la bronquiolitis y el asma infantil. Lo anterior indica que la exposición humana a nivel calle requiere de atención especial. Para estudiar y comprender con mejor detalle este problema se plantea un sistema de modelación con alta resolución y con la capacidad de trabajar en el cañón urbano. El sistema integra un simulador de tránsito vehicular, un modelo atmosférico de transporte de contaminantes (basado en dinámica de fluidos computacional; CFD) y un modelo de exposición humana. Mediante el sistema de modelación se analiza el comportamiento de diversas variables como velocidad de viento, exposición humana a PM2.5, y el efecto de la presencia de un tope en la distribución de emisiones dentro del cañón urbano.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores

Miguel Ángel Alatorre Zamora
Fernando Corbo Camargo
Diego Ruiz Aguilar
Iza Canales García

EG-1

POTENCIAL ENERGÉTICO DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DE MESILLAS, NAYARIT PARA APLICACIONES DIRECTAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

González-Romo Irving Antonio, Jácome Paz Mariana Patricia, Peraza-Cantabrana Abraham Raziel, Pérez-Zárate Daniel, Prol Ledesma Rosa María, Rodríguez-Díaz Augusto Antonio y Salas Corrales José Luis
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tony_romo_09@hotmail.com

En la zona de Mesillas, Nayarit se han reportado manifestaciones superficiales que incluyen manantiales, pozas calientes y suelos vaporizantes que se encuentran dentro de tierras ejidales y las comunidades están interesadas en aprovechar la energía geotérmica para usos agropecuarios. Esta zona reviste interés académico, ya que no se encuentra asociada en forma directa a alguna actividad volcánica reciente, por lo que la caracterización de este sistema es de importancia para definir los límites de la provincia geotérmica del Eje Volcánico Transmexicano. Se identificaron cinco unidades andesíticas en el área con un intenso fracturamiento relacionado con cinco sistemas de falla con direcciones: NW-SE, SW-NE, N-S y E-W, los cuales favorecen una alta permeabilidad. El sistema de fallas con dirección NW-SE está relacionado con la presencia de alteración argílica en superficie. En la zona se identificaron 25 manantiales termales, que descargan agua de tipo carbonatado-sódico, mientras que el agua fría es de tipo carbonatado-cálcico-magnésico. Todas las muestras presentan una composición isotópica con predominancia de agua meteórica, dentro del rango de -6.7 a -7.7 ‰ para $\delta^{18}O$ y de -42.1 a -51.7 ‰ para δD . Con base en su temperatura, los manantiales se pueden clasificar en tres grupos: los de mayor temperatura – T # 75 °C, temperatura media 30 °C # T < 75 °C y el manantial de agua fría con temperatura T < 30 °C. Los manantiales de mayor temperatura se encuentran alineados al sur a lo largo de las fallas principales. También la descarga medida de gases (CO_2 and H_2S) se encuentra sobre el sistema de fallas con dirección NW-SE entre los manantiales de mayor temperatura. Los geotermómetros de cationes y multicomponente indican una temperatura a profundidad entre 125 y 130 °C. Con base en los resultados de la geoquímica y la geología se realizaron 15 sondeos transitorios electromagnéticos (TDEM) alineados en cuatro perfiles que muestran consistentemente la presencia de una capa con resistividad mayor a 20 ohm-m que puede tener una correlación con los materiales volcánicos (dacita altamente fracturada y probablemente saturada) presentes en la zona. En la estación al borde del perfil con mayor extensión hacia el norte se llegaron a medir resistividades mayores a 200 Ohm-m. Todas las estaciones muestran anomalías de muy baja resistividad (<11 Ohm-m) por debajo de esa capa. Las anomalías de resistividad menor a 2 Ohm m persisten a partir de profundidades de aproximadamente 100 metros y únicamente en el perfil al sur de la zona se observa un aumento de la resistividad a una profundidad de aproximadamente 300 m. En la zona este se puede identificar la presencia de esta capa con espesores que alcanzan casi 400 m sin aumento de la resistividad a profundidad, por lo que se considera que el yacimiento asociado a las manifestaciones se encuentra hacia el E del área estudiada y tiene un espesor mayor a 400m.

EG-2

EXPLORACIÓN DEL PROSPECTO GEOTÉRMICO EN LA ZONA DE SAN AGUSTÍN DEL MAÍZ, MICHOACÁN, A PARTIR DE INVERSIÓN 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS

García Suárez Erick¹, Ruiz-Aguilar Diego¹, Roque-Pineda Luis Sebastián¹, Peiffer Lóic¹, Inguaggiato Claudio¹ y Arango Galván Claudia²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto de Geofísica, UNAM
erickgarcia@cicese.mx

Es conocido que en el estado de Michoacán existen diversas manifestaciones termales, las cuales son de gran interés para poder aprovechar de manera directa o indirecta el flujo de calor que genera dichas manifestaciones, tal como lo hacen en la zona de Los Humeros, por ejemplo. Dentro del proyecto 'Exploración geotérmica en

algunas zonas de Guanajuato y Michoacán para atender la Demanda 2: Uso de agua geotérmica' se adquirieron 21 sondeos magnetotéluricos (MT) en los alrededores de la localidad de San Agustín del Maíz, Michoacán. Los sondeos fueron adquiridos cerca de manifestaciones termales que registran temperaturas mayores a 80°C. La inversión tridimensional de los datos MT se realizó utilizando el programa ModEM. Se realizaron diversos estudios de modelado para conocer los posibles artefactos generados por el algoritmo de inversión tridimensional debido a la configuración espacial de los datos observados en campo. Finalmente, se muestra el modelo obtenido a partir de la inversión 3D de los datos MT adquiridos en las inmediaciones de San Agustín del Maíz y su interpretación geológica.

EG-3

PROSPECCIÓN MT-3D EN EL SISTEMA GEOTÉRMICO DE ARARÓ, MICHOACÁN

Pioquinto Arcos Evelyn¹, Ruiz Aguilar Diego², García Suárez Erick², Peiffer Lóic², Inguaggiato Claudio², Delgado Argote Luis Alberto², Contreras López Manuel² y Arango Galván Claudia³
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
epioquintoa1700@alumno.ipn.mx

En el marco del proyecto CONACYT-CONAGUA Exploración geotérmica en algunas zonas de Guanajuato y Michoacán para atender la demanda 2: uso de agua geotérmica, se adquirieron 30 sondeos magnetotéluricos (MT) en la periferia noreste del Lago de Cuitzeo, donde se localiza el sistema geotérmico de Araró. La localización de cada sondeo fue propuesta dada la ubicación de estructuras geológicas y zonas de alteración hidrotermal, con una distancia entre estaciones de 500 a 1000 metros. El procesamiento de las series de tiempo obtenidas fue realizado con el código BIRRP, el cual estima las funciones de transferencia mediante técnicas de estadística robusta. Los resultados del procesamiento fueron analizados y posteriormente se procedió a realizar una inversión tridimensional (3D) para obtener un modelo de conductividades. A partir del modelo de conductividades se identificó una estructura conductora asociada a la posible capa sello del reservorio, dicho modelo fue correlacionado con la información geológica y geoquímica del área de estudio para poder caracterizar el sistema geotérmico, cuyos resultados se presentan en este trabajo.

EG-4

EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA MEDIANTE EL MODELADO 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA, GUANAJUATO

Hernández-Aburto Yasmin¹, Ruiz-Aguilar Diego¹, Puy y Alquiza María Jesús², Ramírez González Lucía Magali² y Li Yanmei²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Universidad de Guanajuato, UG
yasmin@cicese.edu.mx

La energía geotérmica ha cobrado mayor importancia en las últimas décadas por el alza en la demanda de combustibles fósiles debido al aumento acelerado de la población y al cambio climático asociado, lo que impulsa a utilizar energías limpias y renovables. La Cuenca Alta del Río Laja ubicada en el estado de Guanajuato presenta manifestaciones termales las cuales sugieren que podría existir un potencial geotérmico. Este interés fue motivo de la adquisición en campo de datos magnetotéluricos, misma que consistió en 10 sondeos obtenidos por el equipo de la marca Metronix, el cual registró señales magnetotéluricas de 0.01 hasta 100 segundos. El método magnetotélurico es sensible a los cambios de resistividades de las rocas en el subsuelo y puede llegar a profundizar más que otros métodos debido al rango de frecuencias en el que este opera. Por ello será explorada la posibilidad de determinar la existencia de un posible yacimiento geotérmico. El procesamiento de las series de tiempo se realiza mediante el programa BIRRP (Bounded Influence Remote Reference Processing), algunas de las características importantes del programa son: 1) Calcula las funciones de transferencia de MT utilizando el método de referencia remota y jackknife para la obtención de los errores

de los datos. 2) Agrega una o más estaciones remotas. Para el modelado inverso 3D empleamos el código de ModEM, que funciona con un algoritmo de gradientes conjugados no lineales. ModEM esta paralelizado para permitir el cálculo simultáneo para cada frecuencia objetivo. En el presente trabajo se mostrarán los resultados preliminares con el propósito de caracterizar geoelectricamente la Cuenca Alta del Río Laja. En el modelado geoelectrico también se pueden identificar estructuras asociadas a acuífero de la región.

EG-5

IDENTIFICACIÓN DEL RESERVORIO GEOTÉRMICO AL OESTE DEL NEVADO DEL RUIZ USANDO DATOS MAGNETOTELÚRICOS

Calderón Moctezuma Armando¹, Álvarez Román¹ y Almaguer Joselin²

¹Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas

²Instituto de Geología, UASLP

a.calderonmoctezuma@gmail.com

El estrato volcán Nevado del Ruiz localizado en la cadena montañosa de los Andes en Colombia ha sido ampliamente estudiado debido a su reciente actividad volcánica y a su potencial geotérmico en zonas aledañas. Una de estas zonas corresponde a la parte occidental al volcán, perteneciente al municipio de Villa María del departamento de Caldas, específicamente en Termales la Quinta que ha aprovechado las aguas termales con fines ecoturísticos. El principal objetivo de este estudio es obtener un modelo de resistividad del área y asociar las anomalías conductoras a las emanaciones geotérmicas vistas en superficie. Un total de 66 sitios de datos magnetotelúricos y audio-magnetotelúricos fueron modelados con rangos que van de 10^{-2} a 10^4 Hz. La topografía abrupta, el fallamiento, el fracturamiento, y la anisotropía en la zona pueden causar que los datos estén afectados por efectos electro-galvánicos. Por lo tanto, en este estudio se usó la metodología de Rho+ y Rho- para corregir los datos de dichos efectos. Como resultado de este trabajo se muestran modelos puramente inductivos donde las anomalías conductoras son relacionadas a las emanaciones geotérmicas vistas en superficie y los cambios de resistividad laterales a fallamientos localizados por análisis

EG-6

PROSPECCIÓN MAGNETOTELÚRICA EN EL VOLCÁN CEBORUCO, NAYARIT, MÉXICO

Fuentes Arreazola Mario Alberto¹, Ruiz Aguilar Diego², Romo Jones José Manuel², Calderón Moctezuma Armando³, Núñez Escribano Diana⁴ y Núñez Cornú Francisco Javier⁴

¹Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE

³Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas, UNAM

⁴Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara

marioafar@gmail.com

El Ceboruco es un estrato volcán Cuaternario localizado en el estado de Nayarit, cerca del límite Oeste del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), y es el único volcán en Nayarit con erupciones documentadas históricamente, la última entre 1870-1875. Actualmente, el Ceboruco presenta actividad fumarólica y sismicidad local, sugiriendo actividad hidrotermal. Con el objetivo de caracterizar la estructura geoelectrica del Volcán Ceboruco y el posible sistema hidrotermal asociado; se realizó una campaña de prospección geofísica utilizando el Método Magnetotelúrico (MT) en noviembre de 2016. Se establecieron 24 estaciones de medición distribuidas en el cráter, laderas y base del edificio volcánico, empleando tres instrumentos de banda ancha, modelo ADU-07 del fabricante Metronix. Las series de tiempo, registradas en el rango de 32,768 a 128 Hz, fueron procesadas para determinar las funciones de transferencia utilizando un algoritmo robusto basado en la técnica de referencia remota. Derivado del análisis de las curvas de resistividad y del tensor de fase, se determinaron dos estructuras geoelectricas dominantes, la primera superficial 1D y la segunda 3D a profundidad. El modelo 3D, resultado de la inversión de datos MT, reveló regiones resistivas superficiales relacionadas con depósitos volcánicos recientes. Un sector relativamente conductor (10-30 #m) asociado con el acuífero regional superficial. Mientras que un sector de baja resistividad (~1 #m), localizado dentro del edificio volcánico, muestra características que permite relacionarlo con una zona de minerales de alteración que podrían vincularse con la roca sello de un posible sistema hidrotermal. Finalmente, se identificó una región conductora (2-5 #m) que se extiende a profundidad hasta el basamento del CVTM. La interpretación de esta característica geoelectrica es la de una región envolvente de flujo y transporte de calor constituida por corrientes de convección de fluidos de alta temperatura, vapor y salmueras, que interactúan con la roca circundante y el agua meteórica que se infiltra desde la superficie. Los resultados de este trabajo contribuyen con información crucial que permite reducir la incertidumbre de los modelos conceptuales geológico, geofísico y geohidrológico del sistema hidrotermal asociado al Volcán Ceboruco.

EG-7

MODELACIÓN 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS DEL GRABEN SAN PEDRO-CEBORUCO

Díaz Navarro María Kamila¹, Corbo Fernando², Castro Soto César³, Junge Andreas³, Ávila Vargas Óscar¹ y Eysteinnsson Hjálmar⁴

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Goethe-Universität Frankfurt am Main

⁴Reykjavik Geothermal

mdiazna@geociencias.unam.mx

Se adquirieron, procesaron, analizaron, invirtieron y modelaron datos magnetotelúricos BBMT distribuidos con un espaciado de ~5 km dentro de un polígono de 40 x 30 km² en el Graben San Pedro-Ceboruco (GSPC). El objetivo principal es obtener un modelo de distribución de la resistividad de dicha estructura y determinar la geometría de los conductores a profundidad, a partir de la inversión tridimensional de las estaciones BBMT. El GSPC es una estructura con orientación WNW-ESE, localizada en el extremo occidental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. En este graben se han desarrollado diferentes sistemas volcánicos, entre los que se encuentran el Domo San Pedro y el estratovolcán Ceboruco. Con el fin de determinar la estructura interna de estos sistemas y explorar los recursos geotérmicos asociados, se han realizado previamente estudios geofísicos locales en su entorno. La compañía Reykjavik Geothermal, a cargo del Prospecto Geotérmico Ceboruco, proporcionó un conjunto de datos magnetotelúricos BBMT, adquiridos en el año 2013 en el extremo norte del GSPC, que se agregaron a las nuevas campañas para la obtención del modelo 3D final. Se usó el tensor de impedancias y el tensor de fases para visualizar contrastes de resistividad en profundidad para identificar las características del GSPC, a partir de los datos observados y calculados. En los periodos cortos (hasta 0.1s), altos valores de fase (>50°) indican una transición a un horizonte conductivo. Por otro lado, entre los periodos 0.1-10s las funciones de transferencia muestran una transición a un horizonte más resistivo. En la mayoría de los sitios, las curvas de resistividad aparente y fase se desvían de un medio puramente 1D, y de acuerdo con la orientación de los ejes principales del tensor de fase, puede concluirse que la estructura del GSPC es 3D. Investigación financiada por proyecto PAPIIT-UNAM IA103221 "Evaluación geotérmica y determinación de la fuente magmática en el graben San Pedro-Ceboruco" y proyecto DEMITZ (Mid-to-Deep-crustal Electromagnetic Investigation of Tepic-Zacoalco Rift: Exploring Magmatic Systems and Electrical Anisotropy in Western Mexico)

EG-8

ESTUDIOS DE MODELADO 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS MARINOS EN LA CUENCA DE WAGNER

Avilés Esquivel Thalia Anaïd¹, Ruiz Aguilar Diego¹, Romo Jones José Manuel¹, Constable Steve² y Flores Luna Carlos Francisco¹

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

²Scripps Institution of Oceanography, San Diego, California

tavilesesquivel@gmail.com

Trece sondeos magnetotelúricos marinos fueron adquiridos en la Cuenca de Wagner durante mayo del 2015 en el marco de exploración geotérmica conducida por CeMIEGeo. Dichos datos presentan dos retos principalmente: la determinación de la orientación de las componentes de los sondeos y las distorsiones 3D observadas en el rango de periodos de 130 a 4100 s. Para abordar ambos problemas en el presente trabajo realizamos estudios de modelado 3D con el algoritmo ModEM (Kelbert et al., 2014) utilizando el tensor de impedancia completo, y con la metodología de los invariantes Rho+/Rho- (Romo et al., 2005; Gómez-Treviño et al., 2014). Adicionalmente, para el modelado 3D se evaluó cuál era la orientación de la malla con la que se obtenían mejores resultados. Se hicieron pruebas con una malla con orientación al norte geográfico y otra más alineada al rumbo del Golfo de California. Los resultados muestran que cuando la malla se alinea con el rumbo del Golfo de California los ajustes entre datos observados y calculados mejoran ligeramente. Además, se efectuó la inversión 2D de las componentes adquiridas a partir de Rho+/Rho- utilizando el algoritmo MARE2DEM (Key and Weiss, 2006). Se llevaron a cabo pruebas de sensibilidad de las estructuras mostradas por ambos esquemas de inversión y finalmente, se evaluaron las diferencias y semejanzas entre los resultados de las inversiones 2D y 3D ocasionadas por la naturaleza de cada uno de los algoritmos utilizados y por las condiciones interpuestas para cada tipo de modelado

EG-9

ESTUDIOS MAGNETOTELÚRICOS EN EL SUR DE MÉXICO PARA COMPRENDER DE MEJOR MANERA EL PELIGRO SÍSMICO DE LA REGIÓN

Ruiz Aguilar Diego¹, Husker Allen², Arango Galván Claudia³, Romo Jones José Manuel¹, García Suárez Erick¹, Pioquinto Arcos Evelyn¹ y Constable Steve²

¹CICESE

²CALTECH

³IGF, UNAM

⁴IPN

⁵SCRIPPS-UCSD

dr Ruiz@cicese.mx

As part of a collaborative project, we applied Magnetotellurics in the south area of Mexico to better understand its seismic hazard. In the framework of this NSF funded project, we propose an amphibious magnetotelluric sounding survey coupled with seismotectonic analysis to: (1) Determine differences in coupling/slip regimes in and around the Mexican Tehuantepec seismic gap; (2) Image the Tehuantepec Ridge within the subducted plate to determine its role in the coupling and if it contributes to the break between the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) arc system and the Chiapas arc; (3) Image any evidence of fluid infiltration in the Tehuantepec fault. The proposed study analyzes the unusually large Mw8.2 normal fault Tehuantepec earthquake which is down dip of a slab interface that has no recorded earthquakes. The proposed reasons for why the earthquake occurred are that it was due to slab pull below a strongly coupled interface or that it was due to slab bending along a reactivated, possibly fluid-filled and poorly coupled subducted outer rise fault. This study would represent the only physical measurement to directly determine which is correct and determine the link to possible future earthquakes. In this work, we present results of the MT land measurements that were recorded from January to March 2022. We used the long-period LEMI-424 systems that are provided by PASSCAL instrument center, and the MT Time Series were robustly processed to estimate the MT transfer functions. A 3D inversion scheme was applied using ModEM and we present the obtained results.

EG-10

EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN LAS INMEDIACIONES DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN

Cruz Aquino Ivonne Janette¹, Ruiz Aguilar Diego¹, García Suárez Erick¹, Peiffer Lóic¹, Inguaggiato Claudio¹, Delgado Argote Luis Alberto¹, Contreras López Manuel¹, Arango Galván Claudia², Torres Gaytán David Ernesto³ y Ramos Leal José Alfredo³

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

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT

ijcruz@cicese.edu.mx

La zona de Araró forma parte del acuífero Morelia-Queréndaro y se ha reportado un déficit de agua en dicho acuífero. Debido a ello, es de gran importancia el estudio de las condiciones actuales del acuífero de Araró para proveer de este vital recurso a la población. Además, se ha reportado la presencia de manifestaciones y alteraciones hidrotermales en el área que resultan de interés, debido al potencial geotérmico existente en la zona. En este sentido, los métodos electromagnéticos son herramientas muy utilizadas en la exploración de recursos hídricos subterráneos debido a que son sensibles a los cambios de conductividad eléctrica de las rocas, propiedad que se puede asociar a la presencia de fluidos. Y, dada la importancia de conocer las condiciones de los acuíferos en áreas geotérmicas y la escasa información de las condiciones hidrogeológicas actuales del acuífero situado en las inmediaciones de Araró, se realizó un estudio geofísico utilizando el método Transitorio Electromagnético (TEM) para así caracterizar la geometría del acuífero. Para ello, se realizaron 30 sondeos TEM distribuidos por toda la zona de estudio y se realizó una inversión 1D empleando las técnicas de Marquardt y Occam. Los modelos geoelectrónicos se interpretaron correlacionando cuatro unidades hidrogeológicas: la primera correspondiente a material alterado hidrotermalmente, con resistividades <5 #m; la segunda unidad, con resistividades de 5 a 25 #m asociada a arcillas, arenas o sedimentos; la tercera unidad es la asociada al acuífero, con resistividades de 25 a 95 #m, y la cuarta unidad es la asociada a rocas volcánicas compactas, posible basamento del acuífero, cuyas resistividades son > 100 #m. También, se midieron parámetros físico-químicos de muestras extraídas de pozos y norias situados en el área de estudio, para conocer las características del agua. Con lo anterior, se encontró una relación entre la resistividad y algunos parámetros como los Sólidos Disueltos Totales (SDT), la Conductividad Eléctrica (CE) y la Temperatura, indicando que los altos valores de SDT, CE y temperatura se sitúan en las zonas de baja resistividad.

EG-11

USO DE LA TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE ZONAS URBANAS EN RIESGO: CASO DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Chávez Segura René¹, Hernández Quintero Juan Esteban¹, Tejero Andrade Andrés², Cifuentes Nava Gerardo¹, Zamudio-Angeles David¹, García-Serrano Alejandro¹, Caccavari Garza Ana¹ y Flores-Soto Xochitl¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

exprene@igeofisica.unam.mx

Se presentan los resultados del estudio de geología y geofísica en donde se aplicó el método de Tomografía de Resistividad Eléctrica en tres dimensiones (TRE-3D) para la caracterización del subsuelo en un área habitacional localizada hacia el noreste de la Ciudad de México, debido a la aparición de una fractura que produjo una serie de daños en las casas habitación y en la infraestructura de estas; esto se atribuyó a una fuga de una tubería de agua subterránea. Actualmente, varias casas tuvieron que ser desocupadas y sus habitantes reubicados. Este trabajo tuvo el objetivo de caracterizar el subsuelo e identificar los rasgos que pudieran poner en riesgo a los pobladores, además de hacer una comparación del estudio de ERT-3D en dos épocas diferentes del año: época de lluvias y estiaje en la zona afectada. En ambos periodos, los resultados muestran un subsuelo complejo, que muestran zonas de subsidencia y una posible cavidad a 12 metros profundidad. El estudio realizado en temporada de lluvias muestra un subsuelo muy saturado de agua, debido a que se trata de un subsuelo arcilloso. En el levantamiento geofísico efectuado en época de estiaje (menos saturación de agua) se han detectado con mayor claridad una serie de anomalías de alta resistividad que pueden asociarse a un proceso de tufificación, que ya ha ocasionado graves daños estructurales a las casas que se encuentran en la superficie. Los resultados permiten observar que este proceso continúa incrementándose en el área investigada. En ambas temporadas fue posible inferir zonas en donde existe una mayor concentración de agua que provoca hundimientos diferenciales, cuyas profundidades varían entre el nivel de superficie y en algunos casos hasta más de 15 m de profundidad. Esto se refleja en el área que abarcan los daños en las casas habitación, así como en la infraestructura urbana.

EG-12

GEOFÍSICA DEL MAAR LA JOYA DE LOS CONTRERAS, CAMPO FREATOMAGMÁTICO INTRAPLACA SANTO DOMINGO, NORESTE DE MÉXICO

Yutsis Vsevolod, Torres Galván David, Dávila Harris Pablo y Venegas Rodríguez Gastón

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT

vsevolod.yutsis@ipicyt.edu.mx

El Maar La Joya de Los Contreras se encuentra dentro del campo volcánico (freatomagmático) de Santo Domingo, que pertenece a la región volcánica intraplaca del centro de México. En esta zona se llevó a cabo un conjunto de estudios geológicos y geofísicos, entre los que se incluyen gravimetría terrestre y satelital, aero-magnetometría, sondeos electromagnéticos TEM, espectrometría gamma y mediciones de la concentración de radón y torón en los sedimentos. Los principales resultados pueden resumirse como sigue: 1. El análisis de los campos gravimétrico y magnético muestra una relación entre la intensidad y la distribución espacial de las anomalías y la estructura del basamento de la región de Santo Domingo. El desequilibrio tectónico de la región se ve acentuado por la forma e intensidad de las anomalías isostáticas. Las anomalías en la zona del cráter tienen forma concéntrica. Las zonas de altos gradientes corresponden a discontinuidades. En planta se puede observar un lineamiento de formaciones volcánicas asociadas a fallas profundas del basamento. 2. Se realizó un análisis espectral de rayos gamma para 115 muestras distribuidas en la estratigrafía volcánica del maar. Los datos obtenidos permitieron revelar regularidades en la distribución de la concentración de isótopos radiactivos de uranio, torio y potasio, que son una de las fuentes importantes de calor radiogénico. El maar y sus alrededores tienen un alto contenido de isótopos radiactivos de uranio (9-10ppm) y torio (6-7 ppm). Al mismo tiempo, la concentración de potasio es relativamente baja (0.5%). 3. Los sondeos electromagnéticos TEM mostraron la presencia de una capa conductora en la zona del cráter Joya Los Contreras, situada a una profundidad de 350-400 metros de la superficie. 4. La inversión de los datos gravitatorios y magnéticos permitió elaborar modelos bidimensionales y tridimensionales del cráter. Al comparar los resultados de la simulación con los datos de TEM, concluimos que la estructura del cráter Joya de Los Contreras es consistente con el modelo clásico de Maar propuesto por Lorenz. Aunque mayores estudios están en proceso para determinar aspectos puntuales como profundidad de erupción, ubicación de diques y existencia o no de diatrama. Este trabajo fue financiado por el proyecto A1-S-29604 del CONACYT.

EG-13

CARACTERIZACIÓN Y MODELADO DE UNA FALLA POR MÉTODOS POTENCIALES Y SÍSMICA PASIVA - CASO: FALLA APÁN-TLÁLOC

Sánchez-González Jesús¹, Martínez-González José A.¹, Escobedo-Zenil David² y Cárdenas-Soto Martín²

¹Posgrado IEERN, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

jsanchez@unam.mx

La caracterización de un sistema de fallamiento, debido a las importantes extensiones geográficas, representa diversos problemas como son su caracterización estructural, modelo de la profundidad de los diferentes estratos, así como su reducción o ensanchamiento y definición de la geometría del plano de falla y sus agrietamientos asociados. Todos estos problemas pueden ser atacados mediante diferentes métodos de exploración geofísica. Sin embargo, debido a las limitantes que implica la exploración sísmica y eléctrica tradicional, por el uso de cables en zonas agrícolas o urbanas, restringe su uso. Una alternativa son los métodos potenciales por la información puntual y no invasiva que proveen. Sin embargo, la desventaja de estos es la profundidad de exploración obtenida y que solo caracterizan las anomalías de geometría de la falla, pero no del medio estratificado. Por ello, una opción adicional es el uso de técnicas de sísmica pasiva. La información obtenida de las técnicas de los cocientes espectrales y la correlación espacial de registros sísmicos permiten tener una caracterización a mayor profundidad y definición gruesa del medio estratificado. En este trabajo, se propone una metodología en el uso combinado de estos métodos de exploración gravimétrica, magnetométrica y sismológica que permita caracterizar la geometría de una falla y su medio estratificado. El caso de estudio se ubica en Calpulalpan, Tlaxcala. Se presentan perfiles de gravimetría, magnetometría y velocidad alrededor de la Falla Apán-Tlaloc.

EG-14

PROCESAMIENTO Y MODELACIÓN DE DATOS GRAVIMÉTRICOS: ¿ALTURA ORTOMÉTRICA O ELIPSOIDAL?

García Abdeslem Juan

CICESE

jgarcia@cicese.mx

El procesamiento de datos gravimétricos se realiza actualmente utilizando el sistema geodésico mundial (WGS80-WGS84) en dos vertientes. En una se utiliza la altura ortométrica H , definida cero en el océano y como altura sobre el nivel del mar en los continentes. En la otra se utiliza altura elipsooidal, definida como $h=H+N$, donde N es la ondulación geoidal asociada al elipsoide de referencia. Utilizando H , el efecto de Aire Libre es cero en el océano y su valor es positivo en el continente. Utilizando h , el efecto de aire libre puede ser diferente de cero en el océano y dependiendo del valor de N , puede cambiar de signo en el continente. Algo similar ocurre al calcular el efecto de Bouguer. Utilizando h , el efecto de Bouguer debido a la capa de agua en el océano se modifica ligeramente, aunque puede cambiar de signo en el continente. La utilización de H al procesar datos de gravedad da lugar al error geofísico indirecto. Se ilustran las diferencias al utilizar dichas alturas en el cálculo de las anomalías de Aire Libre y Bouguer en la región central de la Península de Baja California, donde la ondulación geoidal es de -37 m respecto al elipsoide del WGS80 y se presenta el resultado de la modelación inversa lineal de la anomalía residual isostática en un modelo 3D de contrastes de densidad, que se extiende hasta 10 km de profundidad.

EG-15

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL ARCHIPIÉLAGO DE LAS ISLAS MARIAS, NAYARIT, MÉXICO

Guerrero Jacinto Zahira, Fuentes Arreazola Mario Alberto y Trejo Gómez Elizabeth

Universidad de Guadalajara, UdeG

zahira.guerrero7774@alumnos.udg.mx

El margen occidental de México es una de las zonas sísmicas más activas de América; como consecuencia de un contexto tectónico muy complejo. En particular, el Archipiélago de las Islas Marías, conformado por cuatro islas (San Juanito, María Madre, María Magdalena, y María Cleofas), está localizado entre el límite sureste de la Zona de Fractura de Tamayo, en la Placa Rivera, y el borde Noroeste de la Trinchera Mesoamericana. Al Sur de las Islas Marías existe subducción activa de la Placa Rivera debajo del Bloque Jalisco. Mientras que, al Norte se observan estructuras geológicas relacionadas con esfuerzos de extensión. Existe un consenso de que la Trinchera Mesoamericana inicia en Bahía de Banderas (Jalisco-Nayarit) y se extiende por la costa Sur de México; sin embargo, en la región de las Islas Marías el límite es difuso, dado que la estructura de la corteza y la geometría de las zonas de contacto entre la Placa Rivera y el Bloque Jalisco es poco conocida. Con el objetivo de la caracterización del peligro sísmico y tsunamigénico asociado con la estructura cortical de la región de contacto Placa Rivera y Bloque Jalisco se realizó el Proyecto TSUJAL durante febrero-marzo de 2014 y que consistió en la adquisición de diversos datos geofísicos en océano y continente. El presente trabajo presenta los resultados preliminares del procesamiento de datos gravimétricos recolectados

a lo largo de siete perfiles localizados en las inmediaciones de las Islas Marías, y con una longitud total de aproximadamente 500 km lineales. Los datos de gravedad fueron registrados a cada segundo utilizando un gravímetro marino Micro-Lacoste Air-Sea II, ubicado en la cubierta principal del Buque RRS James Cook (JC-098). Los datos gravimétricos fueron corregidos por mareas, gravedad teórica, latitud, elevación y Eotvos. Se pretende que los resultados de este trabajo contribuyan con información crucial que permite reducir la incertidumbre de la estructura cortical bajo el Archipiélago de las Islas Marías.

EG-16

MAPEO DE LA ZONA DE DEFORMACIÓN CALIPATRIA EN EL VALLE DE MEXICALI Y DESIERTO DE ALTAR, MÉXICO A TRAVÉS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D, GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA

Reyes Martínez Carlos Simón¹, González Escobar Mario¹, Montalvo Arrieta Juan Carlos², Gallegos Castillo Cristian Alejandro¹, Arregui Ojeda Sergio Manuel¹, Aladro Chio Young Ho¹ y Mastache Román Edgar Agustín¹

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

²Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

csreyes@cicese.mx

El Valle de Mexicali, forma parte de la Depresión del Salton la cual es una cuenca que recorre desde el Valle Coachela en el Sur de California EE. UU. Hasta el norte del Golfo de California. Esta región está dominada por el límite transformante dextral entre las placas Norte América y Pacífico. En dicha cuenca se han depositado sedimentos durante los últimos 6 Ma Que han sido traídos por el Río Colorado desde la Meseta del Colorado dando como resultado una capa sedimentaria con más de 6 km de espesor con pocos afloramientos del basamento cristalino. Derivado de esto, en los últimos años se han realizado estudios geofísicos que han descubierto nuevas estructuras geológicas como fallas, intrusivos y cuencas. En este trabajo se procesó e interpretó información de sísmica de reflexión 2D adquirida en la década de los 80's por Petróleos Mexicanos (PEMEX), la interpretación fue soportada por información de métodos potenciales, gravedad y magnetismo, así como datos de pozos profundos reportados en la región. Los primeros resultados muestran una serie de anomalías sísmicas caóticas y de baja amplitud en los perfiles sísmicos. Dichas anomalías tienen una alineación a lo largo del Valle Mexicali hasta el Desierto de Altar donde se intercepta con la Falla Cerro Prieto teniendo un azimut principal NW-SE. Este alineamiento también se correlaciona de buena manera con altos gravimétricos en ausencia de anomalías magnéticas. Todo esto sugiere la existencia de una antigua zona de deformación que ahora está inactiva, la cual hemos nombrado Zona de Deformación Calipatria

EG-17

INTERPRETACIÓN DE ANOMALÍAS AEROMAGNÉTICAS PARA REVISAR LA FRONTERA ENTRE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL Y EL EJE NEOVOLCÁNICO EN EL W DE MÉXICO

Alatorre Zamora Miguel Angel¹ y Navarro León Rodrigo²

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²CICESE

alatorre2004@hotmail.com

Este estudio comprende y caracteriza las estructuras subsuperficiales a lo largo de la unión entre la Sierra Madre Occidental (SMOc), el Bloque Jalisco y en medio de ellos el Eje Neovolcánico, mediante el análisis de varios perfiles aeromagnéticos sobre el extremo occidental del Rift Tepic-Zacoalco. Esta comprensión de los rasgos tectónicos y estructurales puede ayudar a posteriores estudios sísmicos y geológicos. Aunque la geología de la zona se aprecia de alguna manera compleja, con una secuencia que va desde el Jurásico Superior hasta el Reciente, se puede simplificar de acuerdo a los rasgos fisiográficos predominantes. Destacan las rocas volcánicas terciarias de la SMOc, principalmente volcano-sedimentarios y riolitas, y los volcánicos (riolitas, andesitas y basaltos pliocénicos) de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Además de la fisiografía, el área se caracteriza por la presencia de actividad tectónica, reflejada en el Rift Tepic-Zacoalco. El Rift Tepic-Zacoalco tiene una extensión aproximada de 250 km y una anchura de 50 kms. Consta de varios grabens y semigrabens desarrollados en distintos episodios a partir del Mioceno Tardío. Se han procesado cinco perfiles paralelos casi Norte - Sur, con 80 kilómetros cada uno. La obtención de los datos para procesado y modelado se ha hecho mediante splines bicúbicos. La interpretación cualitativa preliminar se ha acompañado de una correlación entre las anomalías y perfiles topográficos relativos, con lo cual se ha considerado aplicar filtrado mediante prolongación ascendente en el dominio de Fourier. La interpretación final se realizó empleándose el tradicional algoritmo de Talwani (1965) sobre perfiles continuados a 1200 metros sobre el nivel del terreno. Los resultados muestran fallas normales al sur de los 5 perfiles con orientación casi NW - SE. Aunque se aprecia claramente la existencia del rift T-Z en los modelos, la ocurrencia de estructuras geológicas y tectónicas en los modelos indica una relativa coincidencia con estudios previos, con un límite norte del Rift, la profundización inesperada del basamento granítico hacia el sur en la porción oeste de la zona, y varias fallas maestras de desprendimiento, especialmente en la parte central de la zona de estudio. En resumen, se observa una clara diferencia

estructural entre el bloque Jalisco y la Faja Volcánica Trans-Mexicana, siendo posible así ubicar los límites del Rift Tepic-Zacoalco en la zona.

EG-18

INTERFEROMETRÍA SÍSMICA DE RUIDO AMBIENTAL PARA IDENTIFICAR CAVIDADES SUBTERRÁNEAS

Cárdenas-Soto Martín, Sánchez González Jesús, Martínez González José A., Cifuentes Nava Gerardo, Escobedo-Zenil David, Sandoval Quintana Osiris, Sotomayor Sandoval Sebastian y Reyes Pimentel Thalia A.

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

martinc@unam.mx

La Tomografía de Ruido Ambiental (TRA), basada en el llamado método Interferometría Sísmica, extrae las propiedades dispersivas de las ondas superficiales contenidas en el ruido sísmico para construir una representación de la distribución de velocidades en el subsuelo. Dada la naturaleza y distribución de fuentes de ruido, el método puede ser aplicado para resolver la estructura de velocidad en kilómetros o solo algunos metros de profundidad. En este estudio utilizamos TRA para explorar la presencia de cavidades subterráneas que ponen en riesgo un bloque de casas habitacionales en el poniente de la Ciudad de México. Creamos imágenes de tomografía de velocidad de grupo a partir de las curvas de dispersión obtenidas de la correlación cruzada de ruido sísmico registrado en un arreglo semicerrado de geófonos verticales de 4.5 Hz. En el rango de frecuencia de 8 a 14 Hz identificamos la firma de las cavidades, cuya presencia también se observa en las autocorrelaciones debido a la resonancia 1D de ondas acústicas atrapadas entre la superficie libre y el techo de las cavidades. Dada la configuración de receptores, los resultados son confrontados con un estudio de refracción sísmica; imágenes de tomografía de ondas P y el análisis espectral de ondas superficiales entre pares de receptores. La zonas de baja velocidad producidas por las cavidades son entonces corroboradas por las anomalías de alta resistividad obtenida por un arreglo similar 3D de tomografía eléctrica resistiva.

EG-19

REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW, PARA LA CARACTERIZACIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN LADERAS QUE AFECTAN LA CARRETERA FEDERAL 1D, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Guzmán Villa Moisés Francisco, González Escobar Mario, González Fernández Antonio, Contreras López Manuel, Hinojosa Corona Alejandro, Mastache Román Edgar Agustín, Gallegos Castillo Cristian Alejandro, Aladro Chio Young Ho y Arregui Ojeda Sergio Manuel

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

mguzman@cicese.edu.mx

La región geográfica denominada como Bahía Salsipuedes se ubica en la costa noroeste de Ensenada, Baja California. Se caracteriza morfológicamente por la existencia de grandes acantilados costeros, extensas terrazas marinas y por la presencia de tres conjuntos litoestratigráficos que corresponden principalmente a rocas volcánicas y sedimentarias. Características que reflejan la importante actividad tectónica que se desarrolló en la península de Baja California durante el Pleistoceno-Holoceno. En los años sesenta se construyó la Carretera Federal 1D (CF1D), vía de 88 km de longitud que conecta las ciudades de Tijuana y Ensenada a lo largo de la costa noroeste de Baja California. Parte de su trazo (14 km) se ejecutó muy cerca de la línea de costa de Bahía Salsipuedes. En esta zona, durante la etapa de planificación del proyecto se identificaron áreas potencialmente inestables, determinando que antiguos deslizamientos podrían reactivarse, lo cual se hizo evidente durante la construcción de la carretera; sin embargo, se decidió enfrentar las inestabilidades del terreno y concluir la vía. Hasta la actualidad los movimientos del terreno continúan activos. En el presente estudio se aplicaron los métodos sísmicos de refracción y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) para la caracterización del subsuelo y de los deslizamientos que afectan los kilómetros 90+000 y 91+000 de la CF1D. A partir de registros sísmicos multicanal y por medio de técnicas de inversión, obtuvimos la VP y VS de los materiales, generando así, modelos de las secciones transversales del terreno. Los resultados obtenidos definen las diferentes capas del subsuelo, logrando identificar que las superficies de falla de los deslizamientos se desarrollan en el contacto de planos de estratificación de rocas sedimentarias. También se determinan notoriamente atributos morfológicos que permiten identificar a estos movimientos del terreno como deslizamientos rotacionales. Los resultados de ambos métodos fueron correlacionados de manera congruente y concluyente, demostrando que estas técnicas se pueden utilizar de manera confiable para la caracterización de deslizamientos. Por lo tanto, es recomendable y se sugiere, la aplicación conjunta de más de un método de exploración geofísica para el estudio de estos movimientos del terreno. Así mismo, estos métodos se destacan por no ser invasivos, de rápida adquisición y por su excelente rentabilidad y procesamiento sencillo de datos.

EG-20

DETECCIÓN DE UN OBSTÁCULO EN EL SUBSUELO MEDIANTE ONDAS RETRODISPERSADAS EXTRAÍDAS DE LA CORRELACIÓN CRUZADA DE RUIDO SÍSMICO

Cárdenas-Soto Martín, Aguilar Ojeda Daniel y Tejero Andrade Andrés

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

martinc@unam.mx

Los métodos sísmicos someros en la exploración permiten la detección de obstáculos relacionados con la presencia de tuberías, cavidades, socavones, fallas u obras civiles que pueden resultar importantes en geotécnica o riesgo geológico. Los métodos buscan perturbaciones del campo de ondas debido a la presencia de un obstáculo mediante el análisis de arribos de ondas primarias o de variaciones de fase en los registros de ondas superficiales. Un fenómeno notable, debido a la presencia de obstáculos que producen anomalías con un alto contraste de velocidades, es la retrodispersión de ondas superficiales. Hasta el momento este fenómeno ha sido analizado en registros de ondas Rayleigh producidos por fuente activa. En este trabajo utilizamos un arreglo lineal de 48 geófonos verticales de 4.5 Hz separados cada 3 m para estudiar el origen de ondas retrodispersadas mediante la correlación cruzada de ruido sísmico entre pares de estaciones (técnica denominada Interferometría Sísmica). Analizamos las secciones sísmicas de fuente virtual producidas por esta técnica introduciendo un retraso de tiempo que permite colocar el vértice del difractor en la parte causal de los correlogramas, proceso que equipara al análisis de registros de fuente activa. El análisis permite determinar la velocidad de fase de la onda retrodispersada y con ello la profundidad y posición del objeto retrodispersor. Los resultados son confrontados con secciones de autocorrelación de ruido sísmico en el dominio de la frecuencia y de tomografía de resistividad eléctrica.

EG-21

MODELACIÓN, EVALUACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CUENCA DE WAGNER

López-Villagómez Óscar, Gómez-Arias Efraín, González Fernández

Antonio, Flores Luna Carlos Francisco y Barón-Sevilla Benjamín

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

oscarlopez@cicese.edu.mx

El presente estudio contribuirá en conocer el potencial geotérmico para generación de energía eléctrica en puntos estratégicos de la Cuenca Wagner del Golfo de California con presencia de altos flujos de calor del orden de 2 W/m² lo que lo hace un lugar idóneo para aprovechar este recurso geotérmico natura disponible a largo plazo. La geología y tectónica de la zona de estudio (Golfo de California) comenzó en el Mioceno, aproximadamente 12 Ma, cuando la placa del Farallón subdujo ante la placa de Norteamérica dando lugar a que la península de Baja California pasara de ser parte de la placa de Norteamérica a la placa del Pacífico. Posteriormente, en el Mioceno tardío (6 Ma) hubo un cambio de régimen tectónico a transtensional lo que provocó la generación de cuencas transtensionales y de tipo pull-apart las cuales conforman actualmente el Golfo de California junto con centros de expansión que se encuentran conectados mediante fallas transformantes. Por lo tanto, la península de Baja California tiene una gran cantidad de actividad hidrotermal submarina, destacando el Golfo de California. En esta zona, además de los varios estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos, en particular, existen trabajos recientes que indican calor disponible (2 W/m²) en la Cuenca Wagner a profundidades someras del orden de los 200 m, y se ha reportado la propuesta para la generación de energía eléctrica mediante generadores (intercambiadores de calor) submarinos así como estudios teóricos que proponen el uso de sistemas geotérmicos de ciclo (circuito) cerrado para el aprovechamiento del recurso geotérmico submarino. Con base a esta información, se pretende estimar y evaluar el potencial geotérmico para generación de energía eléctrica en zonas con presencia de ventilas submarinas en la Cuenca Wagner para generación de energía eléctrica, así como determinar la disponibilidad del recurso a diferentes profundidades a partir del piso marino. Este estudio podría ser un referente en el futuro para impulsar proyectos encaminados a la posible extracción del recurso geotérmico con instalaciones o plataforma fuera de costa (offshore).

EG-22 CARTEL

PROSPECCIÓN GEOTÉRMICA POR MICROTREMORES EN PURUÁNDIRO, MICHOACÁN

Sánchez Sánchez Paloma Tonally, Espinoza Ojeda Orlando

Miguel, Vázquez Rosas Ricardo y Israde Alcántara Isabel

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra "Dr. Victor Hugo Garduño Monroy"

g.tonally@gmail.com

El municipio de Puruándiro, Michoacán, ha sido identificado como un sitio con probable yacimiento geotérmico de acuerdo a los trabajos de Canul y Ramírez (1985), Tello-Hinojosa (1985) y Jácome Paz et al (2020). Por tanto, el presente trabajo de investigación se enfoca en caracterizar las propiedades físicas del reservorio geotérmico de Puruándiro, a través de microtremores. Para ello, se realizó la adquisición de ruido sísmico en 32 estaciones ubicadas dentro del municipio, en correspondencia con lineamientos y zonas de manifestaciones hidrotermales

establecidas; Esto, con el objetivo de caracterizar e identificar las formaciones y estructuras que integran el sistema geotérmico. Partiendo de, se aplicó el método de autocorrelación espacial (SPAC), con el cual fue posible obtener las estructuras de velocidades (V_p y V_s), así como valores de densidad correspondientes. Como resultado, se alcanzó una profundidad de investigación de hasta 550m. Complementariamente, se aplicó el método de cocientes espectrales (H/V) para identificar los periodos fundamentales del subsuelo, así como un análisis del ruido sísmico con base en el método propuesto por Peterson (1993), que muestra baja influencia de ruido cultural en los sitios de adquisición y una óptima caracterización en altas frecuencias (1 a 10Hz).

EG-23 CARTEL

UN PERFIL SÍSMICO DE REFLEXIÓN SOMERA EN EL COMPLEJO DE LA CALDERA LA REFORMA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Gómez Avila Marianggy¹, Gómez Arias Efraín², González Escobar Mario³, González Fernández Antonio³, Lira Martínez Manuel Alejandro⁴, Domínguez Acosta Miguel⁴ y Eleyra Berenice Sena Lozoya³

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ

²CONACYT - CICESE

³CICESE

⁴UACJ

marianggy.gomez@uacj.mx

El complejo de la caldera La Reforma, se localiza al este del complejo volcánico Las Tres Virgenes y al norte de la población de Santa Rosalía, Baja California Sur. Actualmente, la caldera corresponde a una zona de interés geoenergético, por lo que el objetivo de este trabajo fue realizar la adquisición, procesamiento e interpretación de un perfil sísmico de reflexión somera para identificar posibles alteraciones en las propiedades físicas del subsuelo, como la elasticidad de los materiales (cuya variación se ve reflejada en la velocidad de propagación de las ondas elásticas) ocasionadas por la posible presencia de zonas de fallas y fracturas y también la posible existencia de alteración hidrotermal somera. La adquisición de los datos se realizó utilizando una fuente sísmica GISCO ESS500TM con marro de 222 kg. Se procesaron e interpretaron 2.2 km de datos sísmicos adquiridos en la caldera La Reforma, donde se identificaron estructuras geológicas y sismoreflectores de interés. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran numerosas fallas con buzamiento predominante al suroeste, además de dos reflectores sísmicos que podrían delimitar dos capas de basaltos y riolitas e ignimbritas, donde se infiere que las zonas de baja amplitud y velocidad podrían corresponder a zonas con alteración hidrotermal.

EG-24 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DEL NAF MEDIANTE LA TÉCNICA TRE EN VENUSTIANO CARRANZA, PUEBLA

De León España José, Guzmán García Rosalinda, Prado Jiménez Nelly Jatzely y Pérez Danna Yuridia
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza
jose.leon@itsvc.edu.mx

Dentro del municipio de Venustiano Carranza (22°06'43.18" N, -63°56'59" W), Puebla, se tiene una problemática latente en el desabasto de agua potable para sus pobladores, por tanto, es necesario buscar nuevas fuentes de abastecimiento en el subsuelo, debido a que la mayor parte de las corrientes superficiales han sido contaminadas por desechos urbanos. Dada esta afectación, se buscó identificar el NAF (nivel de agua freática) dentro del predio colindante a las instalaciones del ITSVC (Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza) en donde se busca el recurso hídrico para los pobladores de un nuevo asentamiento. Se analizaron las características litológicas en superficie y a pocos metros de profundidad con el fin de identificar cualitativamente los valores de permeabilidad y porosidad efectiva de los materiales del subsuelo. A partir de las pruebas en superficie, se realizó un análisis geoelectrico para identificar el comportamiento de la NAF en el subsuelo mediante la adquisición de datos con la técnica de TRE (ETR, por sus siglas en inglés), utilizando la configuración electródica del tipo dipolo-dipolo para identificar los patrones resistivos de los materiales. Existen variaciones laterales de los valores de resistividad de los materiales en el subsuelo, asociados a los diferentes cambios de facies sedimentarias en intervalos someros. El procesamiento de los datos se realizó mediante Prosys II y Res2Dinv, en donde se observan distintas capas geoelectricas. Se identificó una unidad de baja resistividad asociada al NAF que se encuentra dentro de estratos de lutitas y areniscas; existe una unidad de media resistividad asociada a rocas sedimentarias no saturadas; se asocia una unidad de alta resistividad a rocas cristalinas (basaltos-andesitas). El modelo se corrobora con la información de la carta geológica del SGM (Poza Rica, F14-12).

EG-25 CARTEL

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN EL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO

Guzmán García Rosalinda, De León España José, Salazar Jiménez Joaquín, García Medina Ximena Decire y Téllez Santos Cesar Iván
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza
rous_18308@itsvc.edu.mx

El Parque Nacional Izta-Popo forma parte de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) en donde se llevó a cabo la adquisición de datos de prospección geofísica (19°11'08.5"N, -99°03'59.8" W) con el fin de reconocer las estructuras presentes en el subsuelo. Se utilizó el método de refracción sísmica (TRS) en la zona de tuffa consolidada y de depósitos volcánoclasticas procedentes del Volcán Iztaccíhuatl en las inmediaciones del Parque Ecológico Apatlaco. Una vez procesados los datos en el software Pickwin, se identificaron los patrones a partir del modelo de velocidades implementando GeoPlot, y posteriormente su modelado en los softwares WaveEp y Plotefra, que permitieron desarrollar la tomografía sísmica en 2-D. Para el diseño del modelo geológico de capas se realizó un muestreo litológico selectivo y se corroboró con una cartografía previamente consultada en la bibliografía. Se realizó la adquisición de datos geoelectricos mediante la técnica de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) en las inmediaciones de la zona de escurrimiento superficial procedente de la fusión del glacier estacional del Pico del Shiro, en la sección Sur del Volcán Iztaccíhuatl. Se identificaron las diferentes unidades geoelectricas, en donde se asocian a patrones de infiltración de la zona de recarga; además, se establece que existe una concordancia entre el flujo subterráneo en la zona con la litología identificada en las Pseudosecciones de resistividad. Se realizó la adquisición de datos magnéticos en las inmediaciones de una toba cristalina localizada en la sección SW del Volcán Iztaccíhuatl. Se realizó un mapeo magnético en forma de malla utilizando el magnetómetro de precesión de protones. El modelado magnético se realizó mediante los softwares Surfer y Voxler, en donde se identifican diferentes estructuras geológicas asociadas a los valores registrados, en donde se puede interpretar dicho comportamiento en los minerales susceptibles que fueron expelidos durante una etapa efusiva del volcán.

EG-26 CARTEL

MODELADO DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MINERALIZADAS CON MÉTODOS POTENCIALES EN LA REGIÓN DE CAOPAS, EN EL NORTE DE ZACATECAS

Ocañas Fernández Ezequiel y Romero de la Cruz Oscar Mario
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
ezequiel.ocanasfrn@uanl.edu.mx

El bloque San Julián es un sector exhumado del basamento que se extiende desde la saliente de Concepción del Oro hasta el sector transversal de Parras en la región del Distrito Minero de Mazapil, en el norte del estado de Zacatecas. Las distintas estructuras geológicas descritas como bloques entre fallas regionales están estrechamente relacionadas con anomalías de gravimétricas y magnéticas de carácter profundo. Sin embargo, con mayor puntualidad, al norte de la comunidad de Caopas dentro del mismo municipio, se ha observado a pequeña escala, un grupo de estructuras con mineralizaciones de Ag, Au, Pb, Cu, Sb y fisuras rellenas de barita. También se han encontrado diversos afloramientos de óxidos de hierro en forma de hematita, observadas en vetillas o a lo largo de fallas. De manera aislada también se pueden localizar vetas de cuarzo las cuales son variables en su espesor, en ocasiones se presentan carbonatos asociados o minerales metálicos diseminados. A partir de estas observaciones geológicas surge el interés de realizar modelado gravimétrico y magnético que incluya un análisis de ambos campos mediante procesamiento clásico de datos de métodos potenciales. El modelo pretende determinar la extensión a la profundidad de estos cuerpos mineralizados, y sentar como modelo de partida para la prospección de yacimientos minerales asociados a estructuras geológicas en este punto particular, al norte de la comunidad de Caopas, Zacatecas.

EG-27 CARTEL

VARIACIONES EN EL PLANTEAMIENTO DE FUNCIÓN OBJETIVO PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE INVERSIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS

Del Razo González Abraham y Yutsis Vsevolod
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
abraham.delrazo@ipicyt.edu.mx

En este trabajo se analiza el planteamiento de diferentes condiciones de regularización en la función objetivo utilizada para resolver el problema de inversión, obteniendo resultados que favorecen soluciones que pueden ajustarse a diferentes objetivos de estudio y se muestra una comparación entre resultados de inversión empleando los métodos gravimétrico y magnético. Se estudió la forma de plantear matemáticamente condiciones que representan características deseables de distribución de propiedades físicas, mediante el uso de gradientes y derivadas, ej. utilizar el Laplaciano como operador de suavidad, el Gramiano como condición de similitud estructural o el concepto de excentricidad para favorecer la orientación de estructuras. El uso de regularizadores como parte de la función objetivo permitió favorecer características específicas deseadas, acotando soluciones dentro del

infinito número de soluciones posibles. Los resultados ilustran la manera en que los diferentes regularizadores afectan los modelos de inversión, por ejemplo, soluciones con cambios en la distribución de propiedades físicas más suavizadas, con mayor similitud a una distribución a priori obtenida a partir de información previa o favorecer la aparición de estructuras horizontales o verticales. Además, se implementaron de forma que el uso de todos los regularizadores no es necesario durante el procesamiento, dando la libertad de elegir qué tipo de resultados se espera obtener y dejando a criterio del usuario la objetividad del proceso.

EG-28 CARTEL

PROSPECCIÓN GEOTÉRMICA EN EL VALLE DE MEXICALI

Aladro Chio Young Ho, González Escobar Mario, Mastache Román Edgar Agustín y Gallegos Castillo Cristian Alejandro
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 young@cicese.edu.mx

Los yacimientos geotérmicos sedimentarios representan una oportunidad para la sismología de exploración ya que las rocas sedimentarias son el medio ideal para los sondeos de reflexión. Sin embargo, otros métodos son comúnmente utilizados debido a limitantes económicas. Con esto en mente, se presentan líneas sísmicas proporcionadas por la industria petrolera localizadas en zonas que presentan bajos gravimétricos y altos magnéticos, esta combinación de anomalías ha sido asociada con el complejo geotérmico Cerro Prieto ubicado en la región. El conjunto de datos utilizado consiste en una serie de perfiles quebrados adquiridos en la década de los 80s. El reprocesado de los datos incluyó técnicas modernas y el diseño de celdas considerando los cambios de azimut. Nuestra interpretación consistió en comparar un perfil sísmico que atraviesa el campo geotérmico de Cerro Prieto siendo este nuestro experimento de control para comparar rasgos con otros perfiles de la región. Los resultados sugieren áreas aisladas a lo largo del valle que comparten características en la firma sísmica de los reflectores del campo. Con esto, esperamos que nuestras observaciones sean consideradas para futuras campañas de exploración de mayor detalle. De igual manera esperamos que las imágenes producidas sirvan de ejemplo para este tipo de sistemas geotérmicos.

EG-29 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA DIMENSIONALIDAD GEOELÉCTRICA DEL SUBSUELO A PARTIR DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES DISPUESTOS EN ARREGLOS PERPENDICULARES EN CUYOACO, PUEBLA

Castro Márquez Christian Rafael, Osorio Salamanca Víctor Jair, Sánchez Fernández Paulina, González Hernández Julio César, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín y Mejía Pérez José Alfredo
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
 christianmarquez.geofisica@gmail.com

Se realizó un estudio geoeléctrico en el municipio de Cuyoaco, localizado en la zona centro-norte del estado de Puebla con el propósito de generar modelos de resistividades y evaluar su dimensionalidad a partir de su comportamiento resistivo. Dicho estudio estuvo constatado por diversos pares de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's), dispuesto cada par de manera perpendicular con un punto de atribución en común ubicado en el centro geométrico para cada uno. Los SEV's fueron realizados con arreglo Schlumberger y se hicieron empalmes. La toma de datos fue realizada con un equipo transmisor de corriente marca GF Instruments, modelo ARES. El procesamiento de los datos obtenidos a partir de los pares de SEV's se realizó con el software WinGLink. Se generaron curvas de resistividad aparente, posteriormente se realizó la inversión 1D de las mismas utilizando el algoritmo de Occam proporcionado por el software, a su vez se trazaron dos perfiles para poder realizar las secciones interpoladas mediante la técnica de splines cúbicos. Los resultados obtenidos comparados entre ambas orientaciones de los arreglos electrodo realizados para cada par sugirieron diferencias evidentes en la distribución espacial de las unidades geoeléctricas obtenidas, lo cual se interpreta como una variación lateral existente de los espesores de estas unidades resistivas. Con el propósito de elegir la herramienta de procesamiento e inversión de datos más óptima, obtener modelos más adecuados y realizar una interpretación correcta, se justifica nuestra propuesta realizada de verificar el posible comportamiento de las estructuras del subsuelo con respecto al procesamiento convencional de SEV's.

EG-30 CARTEL

RELACIONES SISMO-ELECTROMAGNÉTICAS EN EL GRABEN SAN PEDRO – CEBORUCO, JALISCO, MÉXICO

Monsalve Martínez Jorge Luis¹, Corbo Fernando², Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Rodríguez Pérez Quetzalcoat³, Díaz Navarro María Kamila¹, Castro César⁴, Ávila Vargas Óscar⁴ y Junge Andreas⁴
¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
³CONACYT - Centro de Geociencias, UNAM
⁴Goethe-Universität Frankfurt am Main
 jmonsalve98@geociencias.unam.mx

En los últimos años se ha comenzado a investigar la relación de señales electromagnéticas con la ocurrencia de eventos sísmicos; sin embargo, la forma

en la que estas señales se pueden propagar a lo largo de las diferentes litologías presentes en el subsuelo, y el mecanismo físico de su formación son aspectos que no se tienen un total conocimiento en la actualidad. En el presente estudio se presenta un acercamiento al entendimiento del fenómeno electromagnético asociado con terremotos ocurridos en el oeste del territorio mexicano, precisamente en cercanía del Graben San Pedro – Ceboruco (GSPC), Jalisco. Para entender las relaciones mencionadas se realizó una correlación entre las señales electromagnéticas y sísmicas generadas a partir de terremotos; es decir, se compararon los registros eléctricos, magnéticos y sísmicos (tanto en los componentes horizontales como en los verticales) a partir de un análisis en los dominios de tiempo y frecuencia. De igual forma, se determinó la correlación entre la distancia, velocidad y magnitud de los sismos a partir del comportamiento de los registros sismo-electromagnéticos. La función empírica de Green es requerida para la estimación de la energía sísmica radiada. Los resultados de este estudio muestran la similitud en las señales electromagnéticas y sísmicas en el dominio del tiempo y/o frecuencia. Así mismo, confirman la existencia de un escalamiento en relación con la magnitud y una atenuación en función de la distancia para las señales sismo-electromagnéticas. Dichos resultados, comprueban la consistencia entre la energía sísmica calculada de los eventos sísmicos y la reportada por diferentes bases de datos (e. g. Servicio Sismológico Nacional – SSN, Global CMT Catalog - Catálogo Mundial de Tensores de Momento Centroidal); así como también, la comparación entre las magnitudes de las energías sísmica, eléctrica y magnética producto de un terremoto. Investigación financiada por proyecto PAPIT-UNAM IA103221 "Evaluación geotérmica y determinación de la fuente magnética en el graben San Pedro-Ceboruco" y proyecto DEMITZ (Mid-to-Deep-crustal Electromagnetic Investigation of Tepic-Zacoalco Rift: Exploring Magmatic Systems and Electrical Anisotropy in Western Mexico)

EG-31 CARTEL

SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA MARINA EN LA PRESA OVIACHIC, VALLE DEL YAQUI, SONORA

Pérez Bravo Pablo Uziel¹, Cuachoca Texca Nancy², Rodríguez Trinidad Margarita¹ y Lozada González Eddy¹
¹LyR Ingeniería Geotécnica
²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
 uzielbravo94@gmail.com

Se realizó un estudio geofísico en Valle del Yaqui, Sonora, utilizando el método de refracción sísmica marina para obtener perfiles estratigráficos 2D con valores de Vp y posteriormente realizar un modelado 3D de los mismos. El objetivo principal del estudio es obtener información de las velocidades de onda Vp de los suelos existentes en el fondo marino donde se llevará a cabo el diseño de infraestructura para el suministro de agua en comunidades cercanas. La investigación geofísica de campo se llevó a cabo del 12 al 17 de enero del 2022, utilizando un GEODE de 24 canales. Se efectuó por medio de la técnica de refracción sísmica marina por lo que se realizaron seis perfiles formando una rejilla en la presa Oviachic. Esto con el fin de describir unidades litológicas y geológicas, y obtener sus propiedades geofísicas. La longitud de los tendidos fue de entre 115 m y 220 m; cada TRS está constituido por una o más líneas de exploración integrada cada una por 12 hidrófonos, espaciados a 5, 8 o 10 m según sea el caso; uno con respecto al otro y en línea recta con base a la horizontal. Se localizaron tres puntos de tiro para cada TRS, dos laterales y uno central, ubicado entre los hidrófonos 6 y 7. La fuente sísmica artificial que se utilizó fue una pistola neumática y para ejecutar el estudio de cada línea se usaron dos lanchas. Una vez terminado el trabajo de campo se efectuó el análisis correspondiente en gabinete, utilizando la paquetería de Seismager para obtener los perfiles estratigráficos en 2D y definir los distintos cuerpos litológicos de la zona de estudio. Posteriormente empleando los resultados de la serie de perfiles estratigráficos obtenidos, se procedió a realizar el modelo 3D con base a las Vp. Se obtuvieron 6 secciones sismoestratigráficas y se identificaron 2 unidades sísmicas. Los 6 Tendidos de Refracción Sísmica (TRS), presentaron similitudes en cuanto a las unidades sismoestratigráficas que los componen. Superficialmente se observó una primera unidad que se asocia en general a materiales de posible suelo lacustre poco rígido, presenta un espesor medio entre 1 a 14 m, en cuanto a los valores de velocidad de onda longitudinal se tiene que el rango de valores va de 1,431 m/s a 1,581 m/s. Subyaciendo a la unidad anterior, se identificó la unidad 2, la cual es asociada a posibles materiales tobáceos rígidos, el rango de velocidades de onda longitudinal se encuentra en un rango entre 2,045 y 2,627 m/s. La litología determinada con los sondeos de refracción sísmica fue correlacionada con 3 Sondeos de Penetración Estándar (SPT) realizados en puntos estratégicos dentro de la rejilla formada por los TRS, cada uno con un alcance de 17.4 metros de profundidad con referencia al suelo teniendo recuperación de muestras que posteriormente fueron examinadas en laboratorio. Finalmente, los resultados obtenidos de los sondeos de refracción sísmica marina y los sondeos de penetración estándar fueron modelados en 3D utilizando el software Voxler.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizadores

Américo González
 Maria Sergeeva
 Víctor de la Luz

FE-1

RED DE ESPECTRÓMETROS CALLISTO DEL LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL

Aguilar-Rodríguez Ernesto¹, Romero Hernández Esmeralda², Andrade Mascote Ernesto³, Villanueva Hernández Pablo³, Peralta Mendoza Iván Antonio², Pérez León José Enrique³, Pérez Tijerina Eduardo², González Esparza Juan Américo³, Medina del Ángel Marco Antonio Alonso⁴, Godines Torres Oscar Baltazar², Salas Navarro Amanda² y Salinas Samaniego Federico²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán

²Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UNAM

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM

⁵Instituto Tecnológico de Morelia

ernesto@igeofisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) es un consorcio formado por el Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán de la UNAM y la Universidad Autónoma de Nuevo León. El LANCE cuenta con una red de instrumentación dedicada a la detección de diferentes fenómenos relacionados con la actividad solar y que tienen efectos importantes en el clima espacial de nuestro planeta y particularmente en el territorio nacional. En este trabajo se presenta el estado actual de la Red de Espectrómetros Callisto (REC), su infraestructura, observaciones y el equipo científico-técnico que la conforma.

FE-2

MANIFESTACIONES REGIONALES DE TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS INTENSAS DURANTE LOS CICLOS SOLARES 23 Y 24

Castellanos Velazco Carlos Isaac¹, Corona Romero Pedro², González Esparza Juan Américo², Caccavari Garza Ana³ y Sergeeva Maria⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, Laboratorio Nacional de Clima Espacial

³Instituto de Geofísica, Servicio Magnético

⁴Instituto de Geofísica, Laboratorio Nacional de Clima Espacial

castellanos@igeofisica.unam.mx

En este trabajo se identifican y caracterizan manifestaciones geomagnéticas regionales, para la zona central de México, durante tormentas geomagnéticas intensas acontecidas en los últimos dos ciclos solares. Para identificar tales manifestaciones, se realizó una comparación entre las respuestas geomagnéticas planetaria (índice Dst) y regional (índice #H) para los casos de estudio seleccionados. Se encontró que se puede presentar respuesta regional a partir de valores del índice Dst < -50 nT. Es importante señalar que, tales manifestaciones regionales, estuvieron sistemáticamente asociadas a perturbaciones ionosféricas locales. A partir del análisis de los datos se concluyó que los efectos de las corrientes ionosféricas Ddyn y DP2 son dos mecanismos consistentes con las manifestaciones geomagnéticas regionales más relevantes registradas para la región central de México. Mecanismos que también son consistentes con las perturbaciones ionosféricas locales asociadas a los eventos analizados. Adicionalmente se identificó que las características de la reconexión magnética entre el campo magnético interplanetario y la magnetosfera terrestre afectan significativamente las características de las corrientes Ddyn y DP2 y, por lo tanto, tales características también inciden en la respuesta geomagnética regional.

FE-3

ANÁLISIS DE PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS ESPORÁDICAS A PARTIR DE MEDICIONES GNSS DE ALTA FRECUENCIA

López Urias Charbeth¹, Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹ y López Montes Rebeca²

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

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz

charbeth_5@hotmail.com

Es de suma importancia estudiar el clima espacial, por los efectos que puede llegar a tener en nuestro planeta, las alteraciones en la ionosfera reflejan en gran medida la actividad solar. Existen eventos suficientemente intensos que provocan fallos graves en las telecomunicaciones, fallas en órbitas de los satélites, errores en la navegación, así como también podría provocar daños en centrales eléctricas, que a su vez, podría poner en riesgo vidas humanas. Actualmente, los estudios de la ionosfera a partir de estaciones GNSS han incrementado, sin embargo, los programas utilizados para el cálculo del Contenido Total de Electrones (por sus siglas en inglés, TEC) tienen intervalos de tiempo altos, considerando que actualmente los receptores geodésicos GNSS son capaces de medir incluso hasta 100 Hz. Partiendo de esto, es necesario generar programas con intervalos de muestreo similares a los receptores geodésicos. Esto permitirá estudiar a mayor detalle las perturbaciones esporádicas, ya que, existen un gran número de interrogantes respecto a estas perturbaciones, al tener mejor resolución, existe la posibilidad de observar información adicional relevante que se pierde en los tiempos de muestreo tradicionales. En este trabajo, estudiaremos las perturbaciones esporádicas en la ionosfera provocadas por ráfagas solares, a intervalos de muestreo menores al segundo.

FE-4

MONITOREO DE LAS RESONANCIAS SCHUMANN EN MÉXICO ANTE EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL

Morales Melquiades Alexis y Pazos Espejel Marni Margarita

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

alexis012mm@gmail.com

El fenómeno conocido como Resonancia Schumann (RS) consiste en una serie de ondas armónicas en el rango ELF (Extremely Low Frecuencias) que se propagan por medio de una cavidad esférica entre el límite inferior de la ionosfera y la superficie terrestre. En el presente trabajo se evalúan las perturbaciones debidas a tormentas geomagnéticas (TG) tipo G2 y G3 (según la escala de la NOAA), durante los años 2018 y 2019 de los tres primeros armónicos de la RS de los datos registrados por la estación RS en México, donde se han detectado cambios de amplitud en la señal después de que ocurre un evento importante de TG con respecto a días no perturbados. Asimismo, se pretende dar difusión al fenómeno de la RS y evaluar la sensibilidad de la señal registrada ante fenómenos de clima espacial que presenten un riesgo potencial.

FE-5

UN ESTUDIO SOBRE LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA DURANTE LA RECONEXIÓN MAGNÉTICA DURANTE UNA FULGURACIÓN SOLAR

Izquierdo Guzmán Itzayana del Carmen¹, Guzmán Murillo

Francisco Shiddartha¹ y González Avilés José Juan²

¹Instituto de Física y Matemáticas, UMSNH

²Instituto de Geofísica, UNAM

carmen.izquierdo@umich.mx

Uno de los mecanismos responsables de que ocurran las fulguraciones solares es la reconexión magnética, durante el cual ocurre una conversión de energía magnética en energías cinética y térmica. Para cuantificar este fenómeno simulamos la evolución del plasma durante una fulguración mediante la solución de las ecuaciones de la MHD con resistividad y conductividad térmica. Las simulaciones suponen una configuración en 2.5D en un dominio rectangular perpendicular a la

superficie solar que contiene la interfaz entre la cromosfera y la corona. Para disparar la fulguración se considera un campo magnético inicial libre de fuerzas externas y un perfil de resistividad gaussiano que define la zona de difusión donde tendrá lugar la reconexión magnética. El estudio determina la influencia de la magnitud del campo magnético, el cual va de 11 a 50 Gauss en los máximos de las configuraciones con β de 0.19 a 0.059. Y se considera el caso con conducción térmica $\kappa_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-7/2}$ y sin conducción térmica. En cada caso se mide la tasa de reconexión magnética y la conversión de energía magnética en energía cinética y térmica dentro de la región de difusión, y de ahí se cuantifica la influencia de incluir o no la conductividad térmica.

FE-6

ESTUDIO DE OBSERVACIONES DE IPS REGISTRADAS POR EL MEXART DURANTE LOS PERIHELIOS DE 2021-2022 DE LA SONDA SOLAR PARKER

Barón Martínez Griselda¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto², Mejía Ambríz Julio César³, Chang Oyuki⁴, Villanueva Hernández Pablo², Andrade Mascote Ernesto² y González Esparza Juan Américo²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴RAL Space, United Kingdom

grissellbar34@ciencias.unam.mx

Cuando las ondas de radio emitidas por una fuente de radio compacta (< 1 arcsec) atraviesan el medio interplanetario, estas son dispersadas por las irregularidades en la densidad electrónica del viento solar, produciendo un patrón de difracción en el plano de observación en la Tierra. A este fenómeno se le conoce como Centelleo Interplanetario (IPS, por sus siglas en inglés). Desde su descubrimiento en 1964, el IPS se ha usado como técnica de percepción remota para estimar propiedades del viento solar, tales como la velocidad y densidad, entre otras. El MEXART (Mexican Array Radio Telescope) es un radiotelescopio dedicado a observaciones de IPS, que opera a una frecuencia central de 139.65 MHz y un ancho de banda de 12.5 MHz. Con el objetivo de contribuir al estudio de viento solar y clima espacial, la comunidad de IPS ha convenido hacer un formato unificado con resultados de las observaciones de IPS, el formato estándar WIPSS (Worldwide Interplanetary Scintillation Stations Network). La información del formato se puede usar para identificar EMCs e incluso hacer modelos 3D del viento solar. En este trabajo se presentan los primeros resultados de los análisis realizados con las observaciones registradas por el MEXART durante el perihelio 9, 10 y 12 de la sonda espacial Parker; ocurridos el 9 de agosto, 21 de noviembre de 2021 y 1 de junio de 2022, respectivamente. Los resultados se presentan en el formato WIPSS.

FE-7

TENDENCIAS REGULARES EN LA IONOSFERA SOBRE MÉXICO

Gatica Acevedo Víctor José¹, Melgarejo Morales Angela² y Orrala Legorreta Isaac David³

¹Instituto Politécnico Nacional

²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

³Facultad de Ciencias, UNAM

vic_gatica@hotmail.com

Conocer las variaciones regulares de la ionosfera a nivel regional es un punto clave para diagnosticar sus condiciones actuales, tanto para aspectos operativos, así como para estudios de carácter científico relacionados a su comportamiento bajo diferentes condiciones de Clima Espacial. Sin la identificación de las tendencias regulares prácticamente no es posible estimar la intensidad de las perturbaciones ionosféricas o identificar la presencia de perturbaciones ligeras y moderadas. Estudios previos basados en datos GNSS permitieron describir aspectos regionales de las variaciones ionosféricas (diurna, día-a-día, de temporada, anuales y del ciclo solar) para la región de México durante el periodo de 2015 a 2018. Existe la necesidad de verificar si se presentaron nuevas características respecto a los patrones regulares durante el mínimo e inicio del ciclo solar 25. Este trabajo reporta los resultados del estudio del comportamiento de la ionosfera sobre México para el periodo correspondiente de 2018 a 2022.

FE-8

CÓDIGO DISEÑADO PARA SIMULAR PROCESOS DE FÍSICA SOLAR

Ochoa-Armenta Ricardo

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

ricardo.ochoa@umich.mx

En esta plática, presentamos un nuevo código que resuelve las ecuaciones MHD en un dominio numérico cubierto por una malla semi-estructurada dada por un refinamiento adaptativo (AMR) con enfoque a la física solar cuyos procesos presenten un comportamiento dinámico altamente localizado espacial y temporalmente. Nuestro código implementa el enfoque AMR con nuestra propia biblioteca computacional que funciona como plantilla sobre la cual pueden resolverse diversidad de sistemas hiperbólicos de ecuaciones diferenciales; además utiliza métodos estándar de la dinámica de fluidos con base en discretización de volúmenes finitos, fórmulas de flujo tipo HLL, reconstructores lineales de alto orden e

integradores temporales explícitos. Se presentarán resultados numéricos aplicados a la generación, propagación y estudio de prominencias y espículas, en regiones cercanas a la corona, así como la dinámica del viento solar y la advección de las eyecciones de masa coronal en el medio interplanetario. Nuestro código fue diseñado pensando en la posibilidad de sumarlo a las herramientas actuales útiles para la predicción del clima espacial en nuestro país.

FE-9

STUDY OF SPATIAL-PHASE TRANSITIONS IN RANDOM SYSTEMS WITH THE USE OF MACHINE LEARNING

Burlak Gennadiy

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

gburlak@uaem.mx

Gennadiy Burlak¹, Yuriy Karlovich², Jonathan Martínez-Ocampo¹ 1CIICAP, 2CInC, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Cuernavaca, Morelos 62210, México. Email: gburlak@uaem.mx Predicting the phase transitions in real spatial systems with random clusters of spatially distributed random objects is very challenging problem. We consider here a machine-learning approach to predict the phase transitions in spatial structures, which can be extended for multidimensional case. The conventional model with fixed values at each defect position leads only to a trivial homogeneous density. The main problem is that at changing the occupation probability of spatial objects in such a chaotic medium, the clusters with a complicated fractal spatial structure are formed. Two important new parameters appear in such a space: the average value and the variance of the random pore radius. This leads to significant change in the properties of the phase transition compared with conventional wave percolation. First we study in details the properties of high-precision predictions of the transition (including the narrow threshold area) in the two-dimensional (2D) case. Next, we generalize this technique to predict the percolation transition in three-dimensional (3D) case. We found high accuracy of the transition predictions for both cases. The proposed approach opens up interesting perspectives for the use of neural networks to identify phase transitions in space with random electromagnetic wave channels. Determining the light percolation in such a system is quite laborious task. The use of the neural network approach allows quickly diagnose the percolation in various samples knowing the distribution of defects in each of them.

FE-10

ELABORACIÓN DE INFOGRAFÍAS CIENTÍFICAS PARA LA DIVULGACIÓN DE CONTENIDO SOBRE CLIMA ESPACIAL

Corona Aguilar Lizeth Rubí¹ y Aguilar-Rodríguez Ernesto²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

corona.aguilar.2amctm@gmail.com

La divulgación de la ciencia forma parte fundamental de su comprensión y desarrollo. En la actualidad, existen diversos canales de comunicación dedicados a exponer información accesible acerca de las ciencias espaciales, sin embargo, al tratarse del clima espacial destaca su falta de difusión. Debido a que el clima espacial incluye un sistema de prevención; la desinformación se convierte en un fuerte adversario, capaz de causar respuestas entre la población que obstaculicen su verdadero propósito. Con el objetivo de crear un medio adecuado para la divulgación de fenómenos naturales sobre el clima espacial, en este trabajo se presenta una colección de infografías científicas relacionadas con el Sol y algunos de los fenómenos asociados con su actividad. Además, se expone sobre el procedimiento de selección de la información, la creación de material ilustrativo, los retos y ventajas de este método de comunicación, así como su posible implementación en redes sociales y páginas web como la del Servicio de Clima Espacial (SciESMEX) y del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE).

FE-11

PROPIEDADES DE LAS RICS Y SUS ASOCIADOS HOYOS CORONALES REGISTRADOS EN LA FASE DESCENDENTE Y MÍNIMO DE LOS CICLOS SOLARES 23 Y 24

Sánchez García Elsa¹, Aguilar Rodríguez Ernesto², González Esparza Juan Américo² y Romero Hernández Esmeralda³

¹PCT, UNAM

²IGUM, LANCE/UNAM

³Centro de Investigación en Ciencias Físico-Matemáticas, UANL

elsasg@igeofisica.unam.mx

En este estudio, analizamos algunas propiedades de las regiones de interacción entre corrientes (RICs) registradas a 1 unidad astronómica durante los años 2007-2008 y 2018-2019 correspondientes a la fase descendente y mínimo de los ciclos solares 23 y 24. Basados en observaciones in-situ de la nave espacial Wind, examinamos las características físicas del viento solar (VS) lento y rápido perturbado y no perturbado. La velocidad promedio del VS lento y rápido no perturbado fue calculado. Se determinó el ancho radial de la región de compresión y el resultado obtenido se comparó con estudios previos. Adicionalmente, localizamos la posición relativa de la interfase de corrientes, así mismo damos una posible explicación de por qué la IC no estaba ubicada en medio de la región de compresión. Así

también, calculamos la orientación latitudinal de la IC. Determinamos la transferencia de momento entre el VS lento y rápido no perturbado. Finalmente, usando mapas sinópticos e imágenes de ultravioleta extremo examinamos las propiedades de los hoyos coronales (HCs) donde se originó el VS rápido que generó a cada RIC. Damos una posible explicación de las características de los HCs y su relación con el ancho radial de la región de compresión, así como la posición relativa de la IC.

FE-12

ESPECTROS DE ENERGÍA Y ANÁLISIS DE EVENTOS ASOCIADOS A PARTÍCULAS SOLARES ENERGÉTICAS GENERADAS POR FULGURACIONES SOLARES REGISTRADOS EN EL MN-CDMX

Batalla Cruz Oscar y González Méndez Luis Xavier

Instituto de Geofísica, UNAM

oscarbatalla@ciencias.unam.mx

Los Rayos Cósmicos Solares (RCS), formalmente conocidos como Partículas Energéticas Solares (PES), son partículas que se originan en el Sol durante los eventos explosivos en la atmósfera solar, como fulguraciones, frentes de choque interplanetarios y eyecciones de masa coronal, donde se aceleran partículas a velocidades y energías relativistas, i.e., 90% de la velocidad de la luz y un rango de energías que van desde # 10 keV hasta algunos GeV. Como consecuencia del progreso tecnológico, dichos eventos son registrados por detectores alrededor del mundo. El Monitor de Neutrones (MN) es un detector que cumple la función de monitorear y detectar los eventos asociados a PES y en general, resulta imprescindible para el monitoreo de la Radiación Cósmica (RC) en la Tierra, pues al existir este tipo de detectores en diferentes latitudes y alturas, en su conjunto, representan una red mundial de monitoreo y detección. En particular, el Observatorio de Rayos Cósmicos ubicado en Ciudad Universitaria, cuenta con el Monitor de Neutrones de la Ciudad de México (MN-CDMX). El MN-CDMX es del tipo 6NM64, se encuentra activo desde 1990 y forma parte de la red mundial de monitoreo de la RC. Entonces, en el presente trabajo, se utilizan los datos proporcionados por el MN-CDMX para realizar un análisis de los eventos de PES más intensos asociados a fulguraciones solares que han ocurrido desde 1990 hasta la actualidad, esto es, durante el ciclo solar 24 y lo que va del 25, así como recalculamos los espectros de energía de los eventos más representativos.

FE-13

EFFECTOS DE FULGURACIONES SOLARES OBSERVADAS CON BASE EN DATOS GNSS

Sergeeva Maria¹, Maltseva Olga², Andrade Ernesto³, Villanueva Hernández Pablo³, Aguilar Rodríguez Ernesto³, Gatica Acevedo Víctor José⁴, Orrala Legorreta Isaac David⁵, Melgarejo Morales Angela⁶, Santillana Iribe Luis Iván⁷ y Sánchez Quevedo Alma Guadalupe⁸

¹CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM²Institute for Physics, Southern Federal University³SCIESMEX, LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM⁴Instituto Politécnico Nacional⁵Facultad de Ciencias, UNAM⁶Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa⁷Universidad Autónoma de Baja California, UABC⁸Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

maria.a.sergeeva@gmail.com

Una fulguración solar provoca un aumento de la radiación en las bandas del ultravioleta y rayos X que penetran en la ionosfera inferior (región D y región E inferior), dando como resultado el aumento rápido en la concentración de electrones en el hemisferio diurno. Como caso crítico, esto puede resultar en la absorción total de energía de las ondas de radio que se propagan a partir de la reflexión en la ionosfera (blackout). Las ondas de la banda HF, especialmente las de frecuencias más bajas de este rango, son las más vulnerables ante estos efectos (tanto utilizadas para comunicaciones de voz como enlaces de datos). Inclusive, sin la ocurrencia de un blackout, la calidad de las comunicaciones basadas en HF puede verse degradada, los errores de navegación basada en satélite pueden incrementarse, etcétera. En este trabajo, las manifestaciones de fulguraciones solares se detectan a partir de parámetros ionosféricos derivados de mediciones de la señal GNSS. Se identificaron los niveles de intensidad de perturbaciones provocadas por fulguraciones de distintas características.

FE-14

SIMULACIÓN DEL FLUJO DE NEUTRONES SOLARES A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE REALIZADA PARA TRES FULGURACIONES

Monterde Andrade Fernando¹ y González Méndez Luis Xavier²¹Instituto de Geofísica, UNAM²LANCE/SCIESMEX, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

fmonterde@igeofisica.unam.mx

Realizamos simulaciones del flujo de neutrones solares (ns) en la atmósfera terrestre asociado con tres fulguraciones significativas (X17 del 7 de septiembre de 2005, X1.3 del 7 de septiembre de 2017 y M2.9 del 8 de septiembre de 2017). Los parámetros de entrada de las simulaciones se calcularon con base en señales de ns detectadas

por el Telescopio de Neutrones Solares de Sierra Negra (TNS-SN), en México, y por el detector FIB del Space Environment Data Acquisition-Attached Payload (SEDA-AP) a bordo de la Estación Espacial Internacional. Los ns son capaces de producir cascadas de partículas secundarias en la atmósfera terrestre; de esta forma, utilizamos el código CORSIKA y el modelo FLUKA para simular los flujos de partículas asociados con las fulguraciones X17, X1.3 y M2.9. Estudiamos las variaciones longitudinales del flujo y de energía de las partículas a través de la atmósfera para estimar el flujo de ns sobre el TNS-SN. Los resultados mostraron que 11-13% de los ns, liberados por la fulguración X17, lograron superar la atenuación atmosférica y propagarse hasta el TNS-SN (4580 m s.n.m.) sin producir una cascada de partículas. Este resultado es una confirmación teórica de la detección de ns del TNS-SN durante el 7 de septiembre de 2005. Por otra parte, los ns asociados a las fulguraciones X1.3 y M2.9 no llegaron con suficiente energía al TNS-SN debido a la atenuación atmosférica y la producción de nuevas partículas; por lo tanto, no fueron detectados.

FE-15

MONITOREO DEL CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO DURANTE LA FASE DESCENDENTE Y EL MÍNIMO DEL CICLO SOLAR 24

González Esparza Juan Américo¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto¹, Sergeeva Maria², Corona Romero Pedro², González Méndez Luis Xavier², Mejía Ambriz Julio², Villanueva Hernández Pablo³ y Andrade Mascote Ernesto¹

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM²Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

americo@geofisica.unam.mx

El Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX) se estableció en 2014, y en 2016 el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). Uno de los principales objetivos de este proyecto es la observación, seguimiento y alertamiento de eventos de Clima Espacial en bajas latitudes, que pueden afectar significativamente el territorio mexicano. SCIESMEX publica un informe semanal de eventos del clima espacial, distribuido en las redes sociales, y opera un sistema de alerta temprana para el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Este sistema de alerta temprana es específico para eventos que puedan afectar significativamente el territorio nacional. Por otro lado, LANCE está desarrollando nuevas redes instrumentales para proporcionar datos sobre diferentes fenómenos de Clima Espacial: perturbaciones en la ionósfera, variaciones geomagnéticas, flujos de rayos cósmicos, perturbaciones interplanetarias, estallidos de radio solares y registro de corrientes inducidas geomagnéticamente en la sistema eléctrico nacional. Con base en estos datos regionales y fuentes de datos internacionales, como las observaciones de los satélites de la NASA y la NOAA, monitoreamos los eventos de Clima Espacial que afectan a bajas latitudes. Con base en las observaciones obtenidas durante la fase descendente y el mínimo fase del ciclo solar 24 (2019-2021), presentamos un resumen de los valores quietos de la región. Estos valores mínimos son esenciales para comprender el comportamiento del Clima Espacial en esta región y calibrar el sistema de alertamiento.

FE-16

ESTIMACIÓN DE RADIO APAGONES EN EL TERRITORIO MEXICANO POR FULGURACIONES SOLARES

Huipé Domratheva Elizandro¹ y De la Luz Rodríguez Víctor²¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM²ENES Morelia UNAM

hdomeli@gmail.com

El conjunto de fenómenos físicos que ocurren en el sistema solar y que pueden afectar a la tecnología se le denomina clima espacial. Uno de los eventos eruptivos que conforman al clima espacial son las fulguraciones. Estas se producen en la atmósfera superior del Sol y se caracterizan por presentarse como abrilantamientos intensos y súbitos en longitudes de onda métrica, milimétrica, luz visible, rayos ultravioleta, rayos X y hasta rayos gama. La energía emitida por la fulguración puede ser absorbida por la ionósfera terrestre y en consecuencia las radiocomunicaciones pueden verse afectadas en periodos que van de minutos a horas. Para estudiar el impacto de las fulguraciones en las radiocomunicaciones de la banda HF (3-30 MHz), se implementó un modelo de predicción de afectación de la región D ionosférica, desarrollado inicialmente por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de EE.UU. En este trabajo, el modelo fue replicado para estudiar los eventos que históricamente han afectado al territorio mexicano desde 1975, año en que se empezaron a registrar las fulguraciones consatélites de la NOAA. Este análisis permitió hacer una estimación preliminar de la susceptibilidad del país ante radioapagones, en esta se describe la máxima frecuencia afectada por 1 decibel producido por el flujo máximo de una fulguración. El análisis indica niveles de retorno para el territorio mexicano para los 11 años subsiguientes del año 2017. Este estudio sirve como un primer acercamiento a los riesgos en radiocomunicaciones que permitirá aumentar la resiliencia de México ante fenómenos de clima espacial.

FE-17

TEPEU-1: MISIÓN ESPACIAL MEXICANA CON FINES DE INVESTIGACIÓN DE LA IONÓSFERA

Mendoza Bárcenas Mario Alberto¹, Prieto Meléndez Rafael², Álvarez Cárdenas Omar³, Herraiz Sarachaga Miguel⁴ y Sergeeva María²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²UNAM

³Universidad de Colima, UCOL

⁴Universidad Complutense de Madrid
mmendozaab@ipn.mx

El diseño y desarrollo de instrumentación aeroespacial mexicana, ya sea para fines de investigación científica o validación tecnológica, representa un reto importante, particularmente desde el cumplimiento de los requerimientos de los especialistas que aprovecharán la información que recabe el vehículo espacial una vez que sea puesto en órbita, incluyendo la selección de los sensores y experimentos a bordo. En el caso del Tepeu-1, una iniciativa mexicana, encabezada por instituciones como el IPN, la UNAM y la Universidad de Colima, para el diseño y desarrollo de un satélite tipo Cubesat de 1 unidad, de órbita baja, el cual se pretende colocar a una altura orbital de 650 km, uno de los objetivos es el estudio y caracterización de la región intermedia de la ionosfera, a partir del registro del comportamiento eléctrico, magnético y térmico de esa región de la ionosfera terrestre, en la que se producen fenómenos interesantes asociados con la interacción de elementos como los de clima espacial. La idea final del proyecto Tepeu, es generar al menos tres satélites de órbita baja, compatibles con el estándar Cubesat, los cuales irán incorporando como parte de su instrumentación, elementos de diseño propio, permitiendo impulsar la aportación nacional de tecnología espacial en misiones científicas. Los primeros pasos rumbo al desarrollo del primer satélite del programa espacial Tepeu, se han dado con el lanzamiento a la estratosfera de tres módulos suborbitales, denominados EMIDSS-1, EMIDSS-2 y EMIDSS-3, con el apoyo del Programa de Globos Científicos de la NASA. Los módulos EMIDSS han permitido ensayar mediante pruebas de concepto con diferentes elementos tales como microcontroladores, baterías, elementos mecánicos, de protección térmica y sensores multivariable, el desempeño de cada uno de estos elementos bajo condiciones ambientales de espacio cercano, lo cual, ha permitido al grupo académico establecer con mayor precisión los requerimientos en cuanto a la integración de dispositivos electrónicos y mecánicos de grado comercial para aplicaciones espaciales. Adicionalmente a las pruebas de concepto a bordo de los módulos EMIDSS, se han realizado ensayos para el desarrollo e integración de una red de estaciones terrenas, con el apoyo de radioaficionados mexicanos y extranjeros, lo que ha permitido concebir la Red Mexicana de Estaciones Amateur Satelitales, REMEASAT por su acrónimo en español. Mediante la REMEASAT será posible ampliar el área de cobertura de los satélites Tepeu, una vez en órbita, permitiendo además la subida y bajada de telemetría, datos y telecomandos mediante frecuencias de radioaficionados. Actualmente se han realizado experimentos de descarga de datos de satélites meteorológicos NOAA y de señales tipo SSTV transmitidos por la Estación Espacial Internacional. En este trabajo se presentarán los principales avances que al momento se han obtenido del diseño de la misión Tepeu-1, así como los principales resultados obtenidos en las principales vertientes de los subproyectos de validación suborbital, así como en comunicaciones, para impulsar el proyecto que sin duda marcará un hito de éxito en el desarrollo nacional de instrumentación espacial para aplicaciones en Física Espacial, Exploración Espacial y áreas afines.

FE-18

RECONSTRUCCIÓN DE LA HOJA DE CORRIENTE TERRESTRE: OBSERVACIONES DE MMS

Rojas Castillo Diana Ivett
Instituto de Geofísica, UNAM
dianarc@igeofisica.unam.mx

La reconexión magnética en plasmas espaciales resulta ser un mecanismo de conversión de energía altamente eficiente. Es mediante este proceso que, por ejemplo, se originan algunos eventos explosivos en la atmósfera del Sol. Resulta ser también un proceso muy importante para la circulación de plasma en las magnetósferas planetarias, particularmente en la región de la magnetocola. En el caso de la Tierra, la aproximación ideal de la reconexión magnética en la hoja de corriente de la magnetocola predice una hoja de corriente tipo Harris, donde el máximo en la densidad de corriente se alcanza en el centro de la estructura -que idealmente coincidiría con en el ecuador magnético del planeta. Si bien observaciones in-situ de misiones espaciales pasadas han mostrado que la estructura de la hoja de corriente suele ser mucho más compleja que la predicha por el modelo de Harris, la estructura -particularmente a microescala- en regiones cercanas a los puntos de reconexión aún no está descifrada en su totalidad. En este trabajo, usamos cruces de la hoja de corriente detectados por la misión Magnetospheric Multiscale (MMS) para estudiar la evolución de la estructura. Los resultados muestran que la hoja de corriente es altamente dinámica, cambiando de un perfil bifurcado a uno más simétrico tipo Harris en regiones cercanas al punto de reconexión y que la presencia sostenida de un campo guía contribuye a que la estructura de la hoja de corriente sea diferente de lo esperado por la teoría.

FE-19

SCATTERING AND DIFFRACTION OF ACOUSTIC WAVES ON OBSTACLES

Karlovich Yuri¹ y Burlak Gennadiy²

¹Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigación en Ciencias

²Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas
karlovich@uam.mx

Scattering and diffraction of time-harmonic acoustic waves on obstacles of different geometry and surface properties is studied in 2D and 3D spaces. The solvability of the Dirichlet and the Neumann boundary value problems for the Helmholtz equation is investigated in the Sobolev space setting. These problems are reduced to integral equations with non-regular data by using elaborated integral representations. Analytic and numerical methods of constructing solutions for obtained equations are considered. Results essentially depend on the geometry of obstacles.

FE-20

RADIOASTRONOMÍA DE JÚPITER Y EL SOL: INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA Y OBSERVACIONES

Solorio Elvira Alejandra¹, Méndez Patiño Arturo¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto², Andrade Mascote Ernesto² y Villanueva Hernández Pablo²

¹Instituto Tecnológico de Morelia

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
alejandra.so.hu@gmail.com

La utilización de receptores heterodinos analógicos para la radioastronomía evoluciona constantemente. Dentro de estos receptores, el receptor RJ1.1 es utilizado por el proyecto Radio-JOVE de la NASA. Este receptor opera a una frecuencia de 20.1 MHz. Su función es detectar estallidos de radio solares y jovianos. La adquisición de las observaciones se realiza por medio de un cable auxiliar de audio 3.5 que va del receptor a la computadora y posteriormente, mediante un software, éstas se procesan y salvan como archivos en formato .spd. La constante innovación en los sistemas de radiodetección hace que receptores como el Radio-Jove, con el tiempo se vuelvan obsoletos y deban ser reemplazados por nuevos sistemas. En este trabajo mostramos cómo se implementaron adecuaciones y mejoras en la instrumentación electrónica y software de adquisición para mantener en operación dos receptores del proyecto Radio-JOVE que se encuentran en el Instituto Tecnológico de Morelia y las instalaciones del radiotelescopio de centelleo interplanetario (MEXART) de Coeneo, ambos ubicados en el estado de Michoacán.

FE-21

EL CICLO SOLAR 25 VISTO POR EL OBSERVATORIO DE RAYOS CÓSMICOS DE LA CDMX

González Méndez Luis Xavier

SCIESMEX/LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM
xavier@igeofisica.unam.mx

Nos encontramos en la fase ascendente del ciclo solar 25 y las eyecciones de masa coronal y las regiones de interacción de corrientes son las emisiones solares que han alcanzado el ambiente terrestre y han dejado variaciones significativas en los datos registrados por el Observatorio de Rayos Cósmicos de la CDMX. En este trabajo se muestra un análisis de todos los eventos registrados desde el inicio de este ciclo solar.

FE-22

VARIACIONES DEL CONTENIDO GLOBAL DE ELECTRONES DURANTE 2015-2022

Orrala Legorreta Isaac David¹, Melgarejo Morales Angela², Gatica Acevedo Víctor José³ y Sergeeva María⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

³Instituto Politécnico Nacional

⁴CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM
isaac-leg4@ciencias.unam.mx

La ionosfera conforma una parte de la atmósfera mas vulnerable a los efectos de Clima Espacial. Para su estudio se han desarrollado diferentes parámetros dentro de los cuales se considera el Contenido Global de Electrones (CGE) que fue propuesto por Afraimovich et al. en 2008. Este parámetro se refiere al número total de electrones en el espacio cercano a la Tierra dentro de la altitud orbital GPS de aproximadamente 20200 km. CGE refleja la respuesta global al cambio en la actividad solar; además sigue de forma similar otras variaciones como la del índice solar F10.7, el ciclo solar de 11 años y de 27 días. Este parámetro descarta las peculiaridades de las características ionosféricas locales y sirve para estimar la dinámica de la ionosfera. En el presente trabajo se reporta la variación de CGE durante el periodo de 2015-2022.

FE-23

DE LA ESTRUCTURA DE LAS INUSUALES NÉBULAS/GALAXIAS TIPO ANILLO SUPONIENDO QUE EL MEDIO INTERESTELAR POSEE PROPIEDADES MAGNETO-HIDRODINÁMICAS

Berdichevsky Daniel Benjamin
Berdichevsky, Daniel B., GSFC/NASA
dbberdi@gmail.com

De la posible presencia de remanentes de plasma fuertemente magnetizada en el medio local interestelar a la remota observación remota de nébula/galaxia anular (tipo de objeto de Hoag[1]) procedemos a presentar una interpretación basada en la consideración que el medio es magneto-hidrodinámico. Se presenta una propuesta de comprensión de la estructura de regiones de materia oscura presentes en la 'vía láctea' (la galaxia que es el hogar del sistema solar) así como su naturaleza magneto-hidrodinámica. (MHD) necesaria para el desarrollo de su estructura y condiciones de equilibrio termodinámico posible. Adicionalmente presentamos un posible origen de estos tipos de estructuras haciendo uso de simplificaciones a una presumida región de espacio y tiempo en el universo que permita para un estado de la materia y el campo magnético constituido solo de un gaseoso plasma sujeto a las leyes corrientemente conocidas de las interacciones gravitatorias y electromagnéticas. Suponemos que el medio tiene las propiedades de un medio magneto-hidrodinámico con la propiedad de poseer la materia congelada al campo magnético (en el lenguaje del MHD se trata de materia magnetizada). Para estas condiciones se describe una solución de equilibrio MHD de la materia, que imposibilita la coalescencia en el centro de gravedad del sistema por acción del campo gravitacional[2]. Adicionalmente presentamos como la combinada acción de las fuerzas del campo gravitatorio y magnético contribuyen a la evolución de la estructura. De esta manera se prueba de manera analítica que la estructura MHD posee, bajo las condiciones discutidas, propiedades esenciales típicas de una galaxia, como ser el hecho de poseer extensas regiones que muestran un movimiento colectivo que no satisfacen esenciales propiedades Keplerianas, y sí las que experimentalmente son observadas en un gran número de galaxias[3] y requieren comprensión. [1] Buta, R., and F. Combes. Galactic Rings, *Fund. Cosmic Physics*, Vol. 17, pp. 95-281, 1996. [2] Berdichevsky, D.B., A Simple proto nebula constituted of plasma under magneto hydrodynamics conditions. *Aero Aero Open Access J.*;6(1):22#24. DOI: 10.15406/aaaj.2022.06.00137, May 30, 2022. [3] Rubin, V.C., Ford, W., Kent, Jr, Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions, *ApJ*, 159, 379-403, 1970.

FE-24

INFLUENCIAS DE LAS TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS EN EL TELESCOPIO DE NEUTRONES SOLARES DE SIERRA NEGRA PARA EL CICLO SOLAR 24

De la Torre Castilleja Stephanie y González Méndez Luis Xavier
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
stephaniedlt@ciencias.unam.mx

Una de las mayores afectaciones al Clima Espacial son las tormentas geomagnéticas (TG), las cuales son perturbaciones prolongadas del campo geomagnético. Una TG es cuantizada con diversos índices geomagnéticos que miden su intensidad a escala global y local; de este modo, podemos catalogarlas como débil, moderada o intensa. Las TG moderadas e intensas pueden provocar variaciones en el flujo de rayos cósmicos detectados a nivel de tierra; de este modo, se pueden estudiar estas variaciones para conocer la relación entre la intensidad de las TG y los registros en los detectores especializados durante las fases de los ciclos solares. El telescopio de neutrones solares (TNS-SN), ubicado en la cima de Sierra Negra, es capaz de detectar el fondo de rayos cósmicos galácticos, así como los neutrones solares que se emiten en las fulguraciones más intensas. El TNS está en funcionamiento desde 2004 y su base de datos permite desarrollar un método para analizar las firmas que provocan las TG. En este trabajo, se muestran las influencias de las TG más intensas en los registros detectados en el TNS del Ciclo Solar 24. Con los análisis, se puede observar que se presentan incrementos y variaciones significativas sobre la intensidad de partículas; mismo que puede ayudar al estudio de Clima Espacial y predicciones de amenazas.

FE-25

CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE ESTALLIDOS DE RADIO SOLARES VISTOS POR LA RED DE ESPECTRÓMETROS CALLISTO

Medina del Ángel Marco Antonio Alonso¹, Godines Torres Oscar Baltazar², Aguilar-Rodríguez Ernesto³, Andrade Mascote Ernesto³, Villanueva Hernández Pablo³, Romero Hernández Esmeralda⁴ y González Esparza Juan Américo³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM

²Instituto Tecnológico de Morelia

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

medina.marco.antonio99@gmail.com

En este trabajo se presentan las características espectrales de las primeras observaciones de la red de espectrómetros Callisto (REC) del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), consorcio formado entre el Instituto de Geofísica de la UNAM y la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Esta red está formada formada por los receptores MEXART, MEXICO-LANCE-A, y MEXICO-LANCE-B ubicados en Observatorio de Centelleo Interplanetario MEXART en Coeneo, Michoacán; y el receptor MEXICO-FCFM-UANL en la Sierra de Iturbide, Nuevo León. Tanto MEXART como MEXICO-FCFM-UANL están conectados a una antena logo-periódica con una frecuencia de operación de 46 a 230 MHz, por otro lado MEXICO-LANCE-A/B están conectados a una antena LWA (Long Wavelength Antenna) de dipolo cruzado con una frecuencia de operación de 45 a 90 MHz (MEXICO-LANCE-A/B están conectados al dipolo Norte-Sur y Este-Oeste, respectivamente). Estas observaciones incluyen estallidos de radio solares Tipo II, III y IV. Se analiza también la asociación de éstos con manifestaciones de actividad solar tales como fulguraciones y eyecciones de masa coronal, entre otras.

FE-26

FIRMAS DE TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS EN EL TELESCOPIO DE NEUTRONES SOLARES DE SIERRA NEGRA, MÉXICO

Newton Bosch Bertha Jania, González Méndez Luis Xavier y Monterde Andrade Fernando
Instituto de Geofísica, UNAM
jnnewtonb@igeofisica.unam.mx

Se estudió la influencia de eventos de clima espacial, ocurridos en la fase descendente del ciclo solar 24, sobre los canales de detección del Telescopio de Neutrones Solares (TNS) en Sierra Negra, Puebla, localizado a 4580 msnm. Estos eventos provocaron tormentas geomagnéticas que se clasificaron con base en los índices Dst y Kp, como moderadas (Dst # -50 nT, Kp # 5) e intensas (Dst # -100 nT, Kp # 7). Los canales S2, S3, S4, S2Anti, S3Anti y S4Anti del TNS fueron analizados durante las tormentas geomagnéticas del periodo establecido. Estos canales detectan partículas cargadas y partículas neutras con niveles de deposición de energía de E > 60, 90 y 120 MeV, respectivamente. Se encontraron variaciones significativas en la tasa de conteo de al menos un canal del TNS para 18 de los 21 eventos estudiados, incluyendo dos decrecimientos Forbush.

FE-27

CARACTERÍSTICAS DE TORMENTAS DE RUIDO SOLARES POR PRESENCIA DE REGIONES ACTIVAS CAPTADAS POR MEXART

Mejía Ambríz Julio César¹, Juárez Velarde Jessica², Aguilar-Rodríguez Ernesto¹, González Esparza Juan Américo¹, Villanueva Hernández Pablo¹ y Andrade Mascote Ernesto¹

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

²Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, IPN

jmejia@geofisica.unam.mx

El radio telescopio MEXART observa a 140 MHz con un nuevo ancho de banda de 12.5 MHz. El instrumento registra tránsitos solares con un haz de 1° de ancho este-oeste. El flujo del Sol, en presencia de regiones activas captado con ondas métricas, puede aumentar decenas de veces y presentar estallidos de radio tipo I que son de corta duración (< 1 s). Estos estallidos son también conocidos como tormentas de ruido y se considera que son generados por electrones energéticos no térmicos acelerados en la corona. En este trabajo se presenta un estudio de la frecuencia de los estallidos captados con el MEXART usando análisis de Fourier y transformada wavelet con observaciones del Ciclo Solar 25. Se busca encontrar una relación entre el nivel y frecuencia de ruido asociado al número y tipo de regiones activas.

FE-28

UN ENFOQUE SEMIEMPIRICO DEL ACOPLAMIENTO DINÁMICO DE LAS CME Y EL VIENTO SOLAR

Corona Romero Pedro, González Avilés José Juan y Riley Pete

Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM
piter.cr@gmail.com

Las eyecciones de masa coronal (EMC) son uno de los fenómenos más relevantes para el clima espacial, puesto que las EMC pueden afectar negativamente a servicios e infraestructura indispensables. Por lo tanto, para proteger a la sociedad, se requiere de un conocimiento bien fundamentado de la física que gobierna la propagación de las EMC desde las cercanías del Sol hasta la órbita de la Tierra. En este trabajo, deducimos expresiones para aproximar las principales fuerzas que afectan el acoplamiento dinámico entre las EMC y el viento solar circundante a ellas. Para ello, exploramos la acoplamiento dinámico EMC-viento solar desde una perspectiva magnetohidrodinámica, que, combinado con algunas suposiciones razonables, nos permite obtener expresiones para las presiones térmica y magnética, las fuerzas de arrastre viscoso y dinámico, así como la fuerza de gravedad. Para validar nuestras expresiones calculamos las trayectorias de 34 CME dirigidas por la Tierra. Nuestros resultados muestran una consistencia cuantitativa significativa y sistemática con los datos in situ. Concluimos de nuestros resultados que la relevancia de los procesos magnéticos, térmicos y de arrastre dinámico sobrepasan significativamente a las demás fuerzas como agentes dinámicos de las EMC en el medio interplanetario. Además, encontramos que la velocidad relativa inicial entre las EMC y el viento solar es un factor determinante para la dinámica de las EMC. En otras palabras, las EMC subsónicas son preferentemente afectadas por los gradientes de presión magnética y térmica, mientras que el arrastre inercial gobierna la dinámica de las EMC inicialmente supermagnéticas.

FE-29 CARTEL

DETECCIÓN DE PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS RELACIONADAS CON TERREMOTOS

Melgarejo Morales Angela¹, Sergeeva Maria², González Esparza Juan Américo³ y Gatica Acevedo Víctor José⁴¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio²CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM³LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM⁴Instituto Politécnico Nacional

angelamelgarejo@uas.edu.mx

El tema de la relación entre los procesos en la litosfera y la ionosfera terrestre atrae tanto la atención científica como la popular. Las perturbaciones que se registran después de un terremoto se conocen como Perturbaciones Ionosféricas Co-sísmicas (PIC). Las cuales son causadas por diversas ondas atmosféricas, tales como: ondas acústicas directas excitadas por movimientos verticales del suelo o por la superficie del mar, ondas superficiales de Rayleigh y ondas gravitatorias internas. Una vez que estas ondas alcanzan la altura de la región F de la ionosfera producen irregularidades en la concentración de electrones. Las características de respuesta ionosférica en cada región particular del planeta y los mecanismos que producen perturbaciones en la ionosfera aún son ambiguos. En este trabajo se propone hacer uso del parámetro ionosférico TEC oblicuo (sTEC, siglas en inglés), el cual se calcula a lo largo de las líneas-de-visión entre cada satélite y receptor. Lo anterior, con el objetivo de capturar las variaciones finas y de menor escala relacionadas con sismos y así detectar y caracterizar las PIC.

FE-30 CARTEL

ANÁLISIS DEL VTEC CON BASE EN REPORTES SEMANALES DEL SCIESMEX

Sánchez Quevedo Alma Guadalupe¹, Orrala Legorreta Isaac David², Gatica Acevedo Víctor José³ y Quevedo del Castillo Jocelyn Quetzali¹¹Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica²Facultad de Ciencias, UNAM³Instituto Politécnico Nacional

alma.sq.2000@gmail.com

La ionosfera es la región ionizada de la alta atmósfera. El Contenido Total de Electrones vertical (vTEC) es uno de los parámetros más populares para vigilarla de manera continua. El Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX) es un organismo que realiza esta tarea a nivel nacional. Estudios previos han permitido identificar a México como una región en donde se presentan con mayor probabilidad aumentos de corto plazo del vTEC durante eventos de tormentas geomagnéticas. Para verificar esta tendencia durante los últimos años analizamos estadísticamente las perturbaciones ionosféricas con fases positivas y negativas, ello con base en los reportes de Clima Espacial publicados semanalmente en la página del SCIESMEX.

FE-31 CARTEL

VELOCIDAD DE RESPUESTA DE LA IONÓSFERA TERRESTRE ANTE LA PRESENCIA DE TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS DEL CICLO SOLAR 24

Varela Ariana¹, Rodríguez Mario¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto², Romero Esmeralda³ y González Esparza Juan Américo³¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, ENES²Instituto de Geofísica, UNAM³Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

ariana.vam@comunidad.unam.mx

En este trabajo se presentan avances del análisis realizado para estudiar la respuesta de la ionósfera, en términos de las variaciones de índices del vTEC para distintas estaciones de GPS sobre territorio mexicano, durante eventos solares que dieron origen a tormentas geomagnéticas intensas del ciclo solar 24. En este sentido, se presenta la correlación entre el comienzo súbito en el índice Dst y las variaciones observadas en los índices ionosféricos W (Gulyaeva et al, 2008) y # (Ghoddousi-Fard and Lahaye, 2012). Para este análisis se utilizaron diversas herramientas estadísticas, además de técnicas de calibración y medición del Contenido Total de Electrones a lo largo de la vertical, vTEC, que mide el retraso de las señales de GPS debido a su paso por la ionosfera. Los valores de vTEC se calcularon a través del software GPS-TEC a partir de los datos de observación RINEX. Adicionalmente, el índice Dst el cual es usado tradicionalmente para estudiar tormentas geomagnéticas, fue utilizado primordialmente en la primera etapa de la tormenta geomagnética, al inicio repentino (SC, por sus siglas en inglés), para correlacionar su amplitud con la intensidad de la perturbación en la ionosfera terrestre. De acuerdo a los alcances de este estudio, se sabe que existe una dependencia entre las perturbaciones ionosféricas y la intensidad de una tormenta geomagnética a nuestras latitudes, por lo que consideramos que a mayor cambio en el inicio súbito de la tormenta geomagnética, mayor será el efecto observable en el índice Dst y por tanto se esperarían variaciones en el vTEC mayores, sin embargo, la complejidad y variabilidad de los procesos físicos que forman la tormenta ionosférica a las latitudes a las que se encuentra nuestro país, conducen a una gran variedad de fenómenos asociados que puede modificar esta correlación.

FE-32 CARTEL

RESPALDO Y TRATAMIENTO DE DATOS DEL MEXART

Villanueva Hernández Pablo¹, Aguilar Rodríguez Ernesto¹, Barón Martínez Griselda², González Esparza Juan Américo¹, Mejía Ambriz Julio¹ y Andrade Mascote Ernesto¹¹Laboratorio Nacional de Clima Espacial, IGUM, MEXART, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, IGF, UNAM

pablo@geofisica.unam.mx

El Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario de Coeneo Michoacán ("MEXART" por sus siglas en inglés), es un instrumento de tránsito que se dedica al estudio del centelleo interplanetario, desde el 2019 se implementó un sistema de adquisición digital, el cual entrega los datos en formato HDF5, el cual es una biblioteca para almacenar grandes conjuntos de datos numéricos que ocupa menos espacio que es sistema asociado, utilizado anteriormente. En este trabajo se muestra el como se respaldan, como se leen los datos, como se limpian y como se grafican para que puedan ser usados por los investigadores o estudiantes.

FE-33 CARTEL

ESTUDIO DE CIG EN LA RED ELÉCTRICA DE MÉXICO: NUEVOS RESULTADOS

Caraballo Ramón¹, González Esparza Juan Américo², Sergeeva Maria³, Ramírez Pacheco Carlos⁴ y Corona Romero Pedro³¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM²SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Morelia³CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM⁴Gerencia de Ingeniería Especializada, CFE

jolinar35@gmail.com

Los efectos del clima espacial en la superficie de la Tierra se consideran un asunto de seguridad nacional en muchos países del mundo. Las corrientes geomagnéticamente inducidas (CIG) producidas por variaciones rápidas en el campo magnético terrestre han sido reportadas en varios sistemas de conductores puestos a tierra en latitudes bajas desde 2004. Estas corrientes pueden causar diversos tipos de efectos indeseables en el funcionamiento normal de las redes eléctricas. Dependiendo de su intensidad, el CIG producido durante una gran perturbación geomagnética puede durar varias horas y puede causar varios problemas desde la generación de armónicos, pérdidas de potencia reactiva hasta el sobrecalentamiento del transformador y apagones prolongados (por ejemplo, el apagón de Quebec en 1989) en los peores casos. En México hemos avanzado significativamente en nuestro proyecto de estudio y seguimiento del CIG en la red eléctrica mexicana 400/230 kV. Este proyecto se lleva a cabo en colaboración entre la UNAM y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el principal operador de electricidad en México. Comenzamos la instalación de una matriz de sensores CIG en algunas subestaciones de 400 kV y el desarrollo de una versión mejorada del modelo numérico de la red eléctrica de 400/230 kV para estimar la respuesta de la red en varias condiciones. Esto proporcionará una mayor precisión en las

estimaciones de CIG en cada nodo de la red eléctrica. Este proyecto tiene como objetivo construir una plataforma de estudio en tiempo real para el seguimiento y pronóstico del CIG. Actualmente, tenemos nuevas mediciones de CIG para comparar con estimaciones en una subestación en particular. Nuestros primeros resultados señalan que CIG es significativo en la red eléctrica mexicana incluso en el mínimo solar y sugieren la necesidad de un monitoreo continuo para proporcionar antecedentes para el diseño de estrategias de mitigación. Ahora, presentamos nuestras primeras comparaciones entre la salida del nuevo modelo y el CIG medido en la subestación Laguna Verde. Palabras Clave: clima espacial, inducción electromagnética, corrientes inducidas geomagnéticamente

FE-34 CARTEL

IONOSFERAS EN EXOPLANETAS

Mejía Orozco Jaquelin y Rodríguez Martínez Mario
Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, UNAM
jaquelinmejia560@gmail.com

Más de 5,000 exoplanetas han sido descubiertos mediante diversas técnicas astronómicas. Gracias a estas observaciones ha sido posible sintetizar los conocimientos actuales, principalmente los mecanismos de escape de iones al espacio. En este trabajo se presentará un estudio sobre lo que se conoce de estos exoplanetas con un enfoque de investigación hacia la búsqueda de aquellos exoplanetas con estrellas tipo G (como el Sol, G2V) que muestran parámetros significativos en su ionosfera, densidad electrónica y composición química, así como su relación con el campo magnético exoplanetario y las variaciones que los iones pueden tener a diferentes latitudes. La ionización de la atmósfera neutra de un planeta puede darse por varios procesos físicos como la fotoionización y de impacto de electrones (Chadney et al., 2016). En el caso de la fotoionización, ésta resulta directamente de la transferencia de energía que da por radiación la estrella anfitriona de ese planeta. En la ionosfera, los electrones pueden moverse más libremente debido a que la densidad de los gases es mucho más baja en comparación con las capas inferiores del planeta. En ese sentido es importante destacar que la búsqueda de exoplanetas con estas características contribuye al conocimiento de los mismos y extrapolar los conocimientos ionosféricos que tenemos de nuestro planeta a ambientes exoplanetarios. Describimos un estudio detallado sobre las propiedades de los iones en estos planetas extrasolares y nos centramos específicamente en el papel de la generación de las densidades de electrones atmosféricos, así como su impacto en la ionización térmica y fotoionización. Nuestro estudio está enfocado en ver modelos simples de la respuesta de la ionosfera en relación con los parámetros de la estrella, tales como distancia, tamaño, tipo de atmósfera, etc. En ese sentido, presentaremos avances de esta investigación en este trabajo.

FE-35 CARTEL

SIMULACIÓN DE BÓLIDOS Y/O RELÁMPAGOS EN UNA ATMÓSFERA SIMULADA DE TITÁN

Mendoza-Téllez Sebastián, De la Rosa José, Molina Paola y Rojas Alfredo
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
sebastian.mendoza@correo.nucleares.unam.mx

Titán, la luna más grande de Saturno, es uno de los cuerpos planetarios más intrigantes del sistema solar. Tiene una atmósfera magnífica con una composición única (nitrógeno, metano y aerosoles muy característicos de coloración marrón-amarillenta) que puede funcionar como un símil de la Tierra Primitiva, haciendo de la investigación sobre ella una "mirada atrás" en el pasado y la evolución de la atmósfera de la Tierra. Se han realizado muchos estudios para analizar simulaciones teóricas y experimentales con el objetivo de comprender la dinámica, el clima y la química de la atmósfera de Titán. Con el fin de ampliar la comprensión sobre cómo los análogos de los aerosoles de Titán, conocidos como Tholins, están relacionados con la evolución atmosférica satelital y la fotoquímica, reproducimos el entorno de Titán en una simulación experimental. En otras palabras, en este trabajo hicimos la caracterización química de una simulación experimental de la atmósfera de Titán que interactúa con un bólido y/o un relámpago (usando un plasma inducido por láser), evaluando la serie de gases y compuestos sólidos formados en términos de intereses astrobiológicos con una instrumentación analítica específica y antes utilizada (GC-MS y Py-GC-MS). La evaluación de los compuestos químicos encontrados en este trabajo puede servir específicamente en la comprensión de cómo se forman los Tholins y si es posible encontrar vida terrestre en Titán. Además, esta caracterización puede funcionar como un primer paso en lo que esperamos encontrar en futuros análisis de misiones espaciales.

FE-36 CARTEL

COLABORACIÓN UABC-UNAM PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED NACIONAL DE ESTACIONES IONOSFÉRICAS

Santillana Iribe Luis Iván¹, Sergeeva María², González Esparza Juan Américo³, Gómez Roa Antonio⁴, Barboza Tello Norma Alicia⁴, Castro Chacón Joel Humberto⁵, Gatica Acevedo Víctor José⁶, Orrala Legorreta Isaac David⁷, Andrade Ernesto² y Villanueva Hernández Pablo²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

²CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM

³LANCE, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Unidad

Valle de las Palmas, Universidad Autónoma de Baja California

⁵Instituto de Astronomía, UNAM, Ensenada

⁶Instituto Politécnico Nacional

⁷Facultad de Ciencias, UNAM

santillana.luis@uabc.edu.mx

El sondeo ionosférico es un método que permite la vigilancia y estudio de los cambios en el estado de la ionosfera mediante el uso de señales de radiofrecuencia en el rango HF. El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) está desarrollando, por primera vez en el territorio mexicano, una red de estaciones ionosféricas de sondeo oblicuo. Se propone el establecimiento de cinco estaciones, las cuales contarán con el equipo necesario consistiendo en antenas tipo dipolo para transmisión y recepción, sistemas de grabación, y el instrumento principal conocido como ionosonda. El sondeo oblicuo es uno de los métodos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Meteorológica Mundial para vigilar las condiciones ionosféricas que puedan ser afectadas por perturbaciones del clima espacial. El transmisor y el receptor se encuentran separados por una distancia del orden de cientos o miles de kilómetros. El despliegue de la red de estaciones ionosféricas se está realizando gracias a la colaboración entre el LANCE y distintas instituciones a lo largo del país. La ubicación geográfica de las estaciones mencionadas en los estados de Baja California, Nuevo León, Michoacán, Chiapas y Yucatán, permitirá obtener información sobre la ionosfera en el territorio nacional, e incluso facilitarán la recepción de señales provenientes de instrumentos alrededor del mundo, posibilitando el estudio de la ionosfera a nivel global. El segundo de estos instrumentos, proyectado a instalarse en el Valle de las Palmas, B.C., trabajará conjuntamente con la estación existente en Coeneo, Michoacán, brindando una perspectiva nueva en el área de las ciencias espaciales. Este proyecto se realiza gracias al Convenio General de Colaboración Académica, Científica y Cultural entre la Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma del Estado de Baja California, y es de gran importancia ya que actualmente se cuenta con información limitada de la ionosfera en el país.

FE-37 CARTEL

DIMERIZACIÓN DE VALINA EN HIELO TIPO III Y VII: UNA PERSPECTIVA DE QUIRALIDAD

Molina Paola, Negrón Mendoza Alicia y Heredia Barbero Alejandro
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
paolam@nucleares.unam.mx

Desde los años 70's del siglo pasado se han detectado aminoácidos y otros precursores químicos de la vida en rocas provenientes del espacio, estos hallazgos cada vez refuerzan la idea que la vida podría existir en otras partes del universo, y que las condiciones que se presentan en la superficie de los meteoritos juegan un papel fundamental en su formación. Uno de los fenómenos más claramente reconocidos en la nucleación y crecimiento de cristales es el crecimiento de repetición axial, y esto nos lleva a pensar qué el auto ensalzamiento de aminoácidos en superficies de diferentes polimorfos de hielo es relevante a nivel nano estructural para determinar si los tipos de hielo puede funcionar como catalizadores, ya que se ha observado en la superficie del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko procesos de sublimación y condensación de diversos polimorfos de hielo, de tal suerte que estos procesos pudieran promover la oligomerización de aminoácidos. En nuestro trabajo simulamos de forma preliminar el autoensamblamiento de polimorfos de hielo terrestres y extraterrestres, promoviendo la oligomerización de la valina, en el que se evalúa la dependencia con la temperatura y la quiralidad del aminoácido. Presentamos resultados que nos indican que los diferentes tipos de polimorfo de hielo promueven en diferente manera la oligomerización de aminoácidos. Si está oligomerización depende de las características de quiralidad del aminoácido o no está bajo estudio en nuestro laboratorio del Instituto de ciencias nucleares de la Universidad nacional autónoma de México Agradecimiento DGAPA-UNAM-PAPIIT-IN205522

Sesión regular

GEODESIA

Organizador

Vladimir Kostoglodov

GEOD-1

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE RECEPTORES GNSS DE BAJO COSTO PARA DETECCIÓN DE DESPLAZAMIENTOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS EN PUENTES ATIRANTADOS

Vázquez-Ontiveros Jesús René¹, Pérez de los Cobos M. Clara de Lacy², Matiz-Moreno Gustavo², Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹, Gaxiola-Camacho José Ramón³, Guzmán Acevedo German Michel¹ y Monjardín-Quevedo Jesús¹

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

²Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén, España

³Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Sinaloa

jesusrene@uas.edu.mx

Los receptores del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) de bajo costo han demostrado ser capaces de detectar desplazamientos estáticos en el orden de los centímetros en diferentes estudios bajo condiciones controladas, sin embargo, no se han llevado a cabo estudios relevantes sobre estructuras civiles en condiciones de uso diario. Por lo tanto, en esta investigación se evalúa el desempeño de los receptores GNSS de doble frecuencia de bajo costo u-blox F9P en el monitoreo de la salud estructural sobre un puente atirantado al extraer propiedades estáticas y dinámicas. Las observaciones GNSS de doble frecuencia fueron procesadas en el software de código abierto RTKLIB versión demo5 b34f.1 en modo relativo cinemático y las coordenadas resultantes fueron transformadas a coordenadas topocéntricas (ENU). Los desplazamientos medidos con receptores GNSS de orden geodésico y procesados en el software científico TRACK se establecieron como referencia para evaluar los obtenidos con los receptores GNSS de bajo costo. Por otro lado, se aplicaron filtros digitales y la transformada rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés) sobre las coordenadas ENU para extraer la frecuencia fundamental del puente atirantado y compararla con la obtenida a través de mediciones con acelerómetros profesionales y el modelo de elemento finito (MEF) del puente. Los desplazamientos muestran una diferencia menor del centímetro en comparación a los de referencia, y la frecuencia fundamental presentó un error menor de 0.01 Hz en relación con el MEF y las mediciones de aceleración. Los resultados muestran claramente que los receptores GNSS de bajo costo pueden detectar desplazamientos estáticos menores a 2 centímetros, y la frecuencia fundamental de la vibración vertical para evaluar el movimiento dinámico de un puente atirantado.

GEOD-2

MONITOREO DE OBRAS DE INGENIERÍA MEDIANTE TECNOLOGÍA ALTERNATIVA GNSS DE BAJO COSTO

Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹, Gaxiola-Camacho José Ramón², Vázquez Ontiveros Jesús René³, Guzmán Acevedo German Michel¹, Quintana Rodríguez Juan Antonio³ y Carrion Viramontes Francisco Javier³

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

²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Sinaloa

³Instituto Mexicano del Transporte, IMT

gvazquez@uas.edu.mx

Actualmente las estructuras civiles que utilizamos cotidianamente están envejeciendo; es decir, pasan los años y muchas de las obras civiles que fueron diseñadas en un principio para una determinada cantidad de años han superado ya su denominado "período de vida útil" propiciando con esto la inseguridad de estas para el uso humano. En el caso particular de los puentes, estas son estructuras de ingeniería civil clave en cualquier ciudad o carretera por lo cual es necesario un monitoreo permanente y confiable de éstos. Debido a que estas estructuras se encuentran expuestas a diversos tipos de cargas, estas presentan vibraciones. Tales movimientos pueden causar colapsos parciales o totales de los puentes si no son controlados en ciertos límites marcados por los reglamentos de construcción; es decir, se necesita medir la respuesta estructural del puente para poder tener una proyección del comportamiento de este. La investigación que aquí se plantea, pretende mostrar la evolución del desarrollo de la tecnología GNSS convencional versus alternativa de bajo costo para el monitoreo de puentes, mediante el análisis de desplazamientos, velocidades y aceleraciones. Dicha técnica se pretende realizar de una manera segura, económica y eficiente cubriendo los rangos específicos que marcan las normativas tanto de construcción de este tipo de obras de ingeniería civil. La investigación planteada impactará de manera positiva a la comunidad ingenieril de la región, debido a la gran cantidad de puentes con los que se cuenta y a la poca

o nula información del comportamiento de estos. Hoy en día en México es imposible encontrar una metodología eficiente y económica que permita el monitoreo de los puentes; para ello, se tomará en cuenta estudios realizados sobre el Puente Benito Juárez, localizado en Culiacán, Sinaloa y sobre el Puente el Carrizo localizado en la carretera Mazatlán Durango.

GEOD-3

MEASUREMENT OF AMBIENT SEISMIC NOISE USING PERMANENT GPS STATIONS IN MEXICO DURING THE LOCKDOWN PERIOD IN 2020

Moraila Valenzuela Carlos Ramón¹ y Ferhat Gilbert²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²ITES, Institut Terre et Environnement de Strasbourg/UMR7063 CNRS University of Strasbourg, France

cmoraila@uas.edu.mx

The COVID-19 pandemic forced a drastic reduction in social and economic activities. This has impacted life in urban environments, including air quality and noise. Environmental seismic noise is the set of vibrations on the earth's surface. It can be due to different sources such as the wind, the movement of vehicles ; movement of people, very small local earthquakes. This work was carried out using data obtained from continuous monitoring networks in Mexico using GPS receivers that are positioned on the top of buildings. Applying a quality analysis methodology in the observations, academic software, rtklib, glab, teqc were used for this. The time series of continuous data were obtained, for each day (low frequencies), sing daily (high frequencies), TRACK was used during the period of one week of May 2019 and 2020 respectively. This information makes it possible to relate and compare the data recorded before and after the health contingency, where the behavior of the structure in normal activities is denoted by observing the frequency and valley responses in the absence of human activity. Our results imply that the establishment of seismic noise can be useful to obtain the deviations of the positions obtained from the continuous monitoring stations, since these are taken as reference points for the processing of topographic surveys carried out by users. In addition, the decrease in seismic noise makes it possible to improve the sensitivity of very small seismic event records.

GEOD-4

DESPLAZAMIENTOS SUPERFICIALES DEL SISMO LENTO Y EL SISMO LA CRUCECITA, MW7.4, OAXACA, UTILIZANDO DATOS DE INSAR Y GNSS

García González Rubi Miroslava y González Ortega Javier Alejandro

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

rubi@cicese.edu.mx

Los eventos de deslizamiento lento (SSE, por sus siglas en inglés) o sismos lentos, se presentan en zonas de subducción y en regímenes transformantes alrededor del mundo. En particular, numerosos SSE se han observado a lo largo de la Zona de Subducción en México (ZSM) en los estados de Guerrero y Oaxaca. La importancia de estos eventos dentro del ciclo sísmico es tema de investigación actual debido a su posible interacción en zonas de debilidad adyacentes con sismos de gran magnitud ($M_w > 7$). En este trabajo, se estudia el SSE ocurrido en Oaxaca el 2020, donde se emplearon imágenes de radar del sensor Sentinel-1 A/B de los pasos orbitales 005 (ascendente) y 070 (descendente), con una adquisición temporal de 6 días para un período de 1.5 años (abril de 2019 a diciembre de 2020), con el objetivo de capturar los desplazamientos superficiales tanto del SSE como el sismo La Crucecita, Mw7.4, ocurrido el 23 de junio del 2020. Se empleó la técnica de Interferometría de Imágenes de Radar de Apertura Sintética (InSAR, por sus siglas en inglés) para formar 93 interferogramas descendentes y 95 ascendentes con el software ISCE 2.5v (Interferometric synthetic aperture radar Scientific Computing Environment) y el software MintPy (Miami InSAR Time-series software in Python) para la obtención de las series de tiempo de los desplazamientos a lo largo de la línea de vista del sensor (LOS). Los resultados fueron validados con las series de tiempo GNSS de las estaciones geodésicas que se encuentran en la zona de estudio a través de una regresión local (Locally Weighted Scatterplot Smoothing). Especial atención se considera para remover las contribuciones atmosféricas de las series de tiempo LOS utilizando información de GACOS (Generic Atmospheric Correction Online Service for InSAR). Los desplazamientos LOS en la estación GNSS-TNNX debido al SSE 2020 más la relajación posísmica del sismo La Crucecita alcanza ~37 mm, mientras que la estación GNSS-OXUM registra una contribución cosísmica de ~45 mm para el sismo La Crucecita. Ello muestra la importancia de las series de

tiempo LOS, así como la inclusión las correcciones atmosféricas de GACOS y el suavizado por medio de la regresión local para la caracterización espacial y temporal de los desplazamientos superficiales.

GEOD-5

ARE GPS NETWORKS IN MEXICO ABLE TO RETRIEVE THE EARTH'S FREE OSCILLATION?

Franco Sánchez Sara-Ivonne y Kostoglodov Vladimir
 Instituto de Geofísica, UNAM
 ivonne@igeofisica.unam.mx

Recent studies infer that high-rate GPS time series (TS) are relevant to observe free oscillations of the Earth. The data from dense GPS network, GEONET (Japan), the VADASE time series (Italy), for example, were successfully used to detect Earth's free oscillation (EFO) after large Tohoku earthquake (Mw = 9.0, March 11, 2011). Instead of a fairly low signal-to-noise ratio in TS of individual GPS stations, it is possible to significantly reduce the noise merged in GPS time series by applying a stacking technique in particular to the power spectral density (PSD) estimates of TS. The advantage of exploring GPS TS for an analysis of the EFO is a three-component displacement data and flat frequency response down to 0 Hz. There are in total about 250 GPS permanent stations with continuous records in Mexico, TS of which apparently could be used to study the EFO. Nonetheless, not all of those have freely accessible simultaneous high frequency data. Moreover, some data is not of a good quality (because of time gaps, glitches etc.). In the best case we can get suitable records from about ~100 GPS stations. The routine processing of daily GPS data provides one position per day averaging 300 seconds of observables. Special data processing is essential to obtain high frequency TS. In our case we are carrying out a daily process of every 30 sec of observations, that is, we are getting one position for every 30 seconds. The GIPSY/OASIS (JPL) software (version 6.4) is applied for the PPP GPS data processing. Then the PSDs for selected GPS stations were obtained with the Welch's method for one-two days after the two large earthquakes occurred in Mexico. These events are the September 8, 2017, Mw8.2 Chiapas and the February 16, 2018, Mw7.2, Oaxaca earthquakes. The resulting average PSD produced after the stacking is rather promising, some fundamental frequencies of the Earth's free oscillation can be recognized (e.g., 0S4, 0S0, 0S6, 0S13, 0S14, 0S18, 0T3, 0T9, 0T22). Future effort will be focused on a careful correction of time series to improve their quality before the main processing. This should improve the frequency resolution of the PSD.

GEOD-6

IONOSPHERIC TEC ANOMALY AS AN EARTHQUAKE PRECURSOR: A CASE STUDY OF 2010 MW 7.2 EL MAYOR CUCAPAH EARTHQUAKE

Nayak Karan¹, Sharma Gopal², Romero Andrade Rosendo¹,
 Trejo Soto Manuel E.¹ y Hernández Andrade Daniel¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
²North Eastern Space Application Centre, India
 nayakkaran.facite@uas.edu.mx

The diurnal Total electron Content (TEC) variations prior to El Mayor Cucapah earthquake of 4th April, 2010 were scrutinized with seismo ionospheric coupling method for pre-earthquake ionosphere anomaly detection. The TEC (Total Electron content) variation in the ionosphere from GNSS data of the nearest station viz; IID2 and P500, prior to 45 days before an earthquake were processed and the TEC (total electron content) values were measured. The significant variation in TEC values were found on 07/03/2010 (negative), 10/03/2010 (positive), 25/03/2010 (positive), 31/03/2010 (positive), 01/04/2010 (negative) and 02/04/2010 (negative). Each anomaly days were observed throughout all possible CORS stations that falls under the EPZ (Earthquake Preparation Zone). DST and KP indices were checked for geomagnetic and solar flare influence. It is seen that the stations that are closer to the epicentre shows higher TEC concentrations from the rest of the other stations that may be ascribed to a positive relationship with the distance of epicentre and the approaching earthquake. In the present study, it was observed that the TEC concentration increases towards the epicentre for the positive anomaly whereas in the case of negative anomaly, TEC concentration decreases towards the epicentre. It was also deduced that the negative anomaly maybe observed within the close proximity of earthquake preparation zone. The study clearly signifies that magnitude of TEC anomaly drastically decreases with increase in the epicentral distance from the radius of the earthquake preparation zone which clearly depicts the fact that maximum anomalies could be possible only nearer to earthquake epicentre. The interpolation of TEC values correlating with anomaly time for all stations was done to observe the TEC spatial pattern for the epicentre location.

GEOD-7 CARTEL

ANÁLISIS ESTADÍSTICO – COMPARATIVO DE LÍNEA BASE GEODÉSICA A TRAVÉS DE RECEPTORES GNSS DE BAJO COSTO Y MEDICIONES ELECTRÓNICAS DE DISTANCIA CON FINES TOPÓGRAFO – GEODÉSICOS

Hernández Andrade Daniel¹, Romero Andrade Rosendo¹, De Lacy Pérez de los Cobos M. Clara², Trejo Soto Manuel E.¹, Bojórquez Pacheco Naccieli¹ y Nayak Karan¹
¹Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa
²Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén, España
 danielhernandez.facite@uas.edu.mx

La presente investigación muestra un análisis estadístico – comparativo de los resultados obtenidos en la medición de una línea base geodésica, a través de receptores GNSS de bajo costo, receptores geodésicos y Mediciones Electrónicas de Distancias (EDM, por sus siglas en inglés) con el fin de determinar si los receptores y antenas GNSS de bajo costo son aptos para trabajos topógrafo – Geodésicos en función de la precisión y exactitud obtenida. Cinco campañas de medición se llevaron a cabo con diferentes combinaciones de receptores GNSS y antenas para el establecimiento de la línea base: 1) Equipo GNSS geodésico – Equipo GNSS geodésico, 2) equipo GNSS geodésico – Kit GNSS bajo costo, 3) Kit GNSS bajo costo – equipo GNSS geodésico, 4) receptor GNSS de bajo costo con antena geodésica – receptor GNSS de bajo costo con antena geodésica y 5) Kit GNSS bajo costo – Kit GNSS bajo costo. Es importante señalar que el kit GNSS bajo costo incluye un receptor ZED-F9P de u-blox con antena de parche. Asimismo, se realizó una campaña para la medición electrónica de distancias (EDM) con el fin de realizar una prueba de hipótesis en relación a la longitud calculada a través de posicionamiento relativo estático. Los resultados muestran que la combinación de equipo GNSS geodésico – Equipo GNSS geodésico y equipo GNSS geodésico – Kit GNSS bajo costo, se ajustan con una certidumbre del 95% de similitud a la longitud de las mediciones EDM, mostrando una diferencia de 0.0006 m y 0.0021 m, respectivamente. Por otro lado, las combinaciones restantes exceden la exactitud permisible de ± 2.3 mm (1#), logrando una exactitud centimétrica para la longitud de la línea base de receptores GNSS de bajo costo con antenas geodésicas y de parche comparadas contra las mediciones EDM, superando el valor crítico t de student para una significancia del 5%.

GEOD-8 CARTEL

EVALUACIÓN DEL POSICIONAMIENTO PRECISO A TRAVÉS DE LOS RECEPTORES GPS LEA-6T, NEO-M8T Y ZED-F9P DE BAJO COSTO

Bojórquez Pacheco Naccieli, Trejo Soto Manuel E., Romero Andrade Rosendo, Hernández Andrade Daniel y Trejo Echeagaray Manuel
 Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS
 naccieli@bojorquez.facite@uas.edu.mx

Se comparó el posicionamiento obtenido en dos casos de estudios dependientes de las distancias (~31 y ~4.9 Km) a través del método relativo estático mediante el uso de receptores de bajo costo de simple (LEA-6T y NEO-M8T) y doble frecuencia (ZED-F9P); tomando como referencia un receptor de orden geodésico Geomax Zenith 25. Asimismo, el posicionamiento fue evaluado con base a la normativa vigente en México para el Circulo de Error Probable (CEP) y Exactitud Posicional Vertical (EPV) con una incertidumbre del 95%. Se encuentran discrepancias entre coordenadas para un mismo punto en el sistema ENU, valores mínimos de ~ 2 mm y ~ 10 mm, para una distancia ~31 y ~4.9 Km, respectivamente, obteniendo el mejor resultado con el receptor de una frecuencia LEA-M8T para la distancia de ~31 km; para el caso ~4.9 km se presenta con el receptor ZED-F9P en conjunto con una antena de orden Geodésico. Por otro lado, los resultados muestran un grado de cumplimiento en el posicionamiento de los receptores de bajo costo favorable donde; se obtienen valores de 8 mm de variación máxima para CEP; para EPV al 95% de confiabilidad, 1 cm de discrepancia. Presentando los mejores resultados los receptores LEA-6T y NEO-M8T, caso ~31 km, en cuanto a CEP y EPV.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizador

Janete Morán Ramírez

GEOH-1

INTERACCIÓN AGUA-ROCA Y MEZCLA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN UN ACUÍFERO DEL BAJÍO, MÉXICO

Ramos Leal José Alfredo¹, Morán Ramírez Janete² y Villalón Rodríguez Patricia Sarai¹¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT²CONACYT - UNAM

jalfredo@ipicyt.edu.mx

El Estado de Guanajuato es por excelencia uno de los más productivos del país, económicamente hablando, siendo sus principales actividades la minería, la industria petroquímica, de calzado, la agricultura, la ganadería y el turismo. Su gran actividad en las diferentes industrias hace de este, uno de los estados con más necesidad de recursos hídricos para los procesos de las diferentes fábricas. El agua subterránea es uno de las principales fuentes de abastecimiento para la región. Para este estudio se utilizó la hidrogeoquímica como herramienta para identificar los procesos que le dan origen a la firma química del agua. Con el diagrama de Mifflin que utiliza LA relación $Na+K+ vs. Cl+SO_4^{2-}$ es posible distinguir la evolución del agua subterránea y se distinguen principalmente 2 sistemas de flujo en la región, solo una muestra fue de tipo regional. Dentro del diagrama de Piper se identifican seis principales tipos de aguas. Las muestras se distribuyen en tres grupos (III, IV y VI), el 18% corresponde a NaCl (tipo I) el 22% es de tipo $NaCaHCO_3$ (tipo III), el 60% es $NaHCO_3$ (tipo VI). El diagrama de Gibbs, está representado por un boomerang con tres regiones, en la parte superior se ubica el agua asociada a procesos de evaporación y precipitación de minerales; en la parte central del boomerang se encuentra el agua con efectos de la interacción agua-roca, en los tres casos la evolución, va de izquierda a derecha y en la parte inferior el agua se relaciona con reciente infiltración, precipitación atmosférica, recarga local. Las aguas más evolucionadas se encuentran con valores altos de TDS y las de reciente infiltración poco evolucionadas tienen TDS bajo.

GEOH-2

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA, ISOTÓPICA Y GEOFÍSICA DE LAS AGUAS TERMALES-SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Ramírez González Lucía Magali¹, Puy y Alquiza María Jesús²,Ruiz-Aguilar Diego³, Hernández-Aburto Yasmin⁴, Li Yanmei²,Piña-González Viridiana¹, Kshirsagar Pooja² y Ordaz-Zubia Velia Yolanda⁴¹Universidad de Guanajuato, Doctorado en Ciencia y Tecnología del Agua, División de Ingenierías²Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías³CICESE, Departamento de Geofísica Aplicada⁴Universidad de Guanajuato, Departamento de Arquitectura, División de Arquitectura, Arte y Diseño

lramirezgonzalez@ugto.mx

Las aguas termales en la Cuenca Alta del Río Laja en el Estado de Guanajuato han sido reconocidas por la población local desde tiempos prehispánicos. Estas aguas termales han sido explotadas como medio medicinal y recreativo hasta hoy en día y se encuentran reportadas como manifestaciones termales. Sin embargo, debido a la sobreexplotación de la cuenca, a la extracción de acuíferos profundos y a la presencia de fallas regionales, las aguas termales están siendo utilizadas para fines agrícolas y de consumo humano, trayendo consigo problemas de concentraciones altas de arsénico y fluoruro. Conocer la distribución de las aguas termales es de gran importancia para el manejo integral de los recursos hídricos de la zona. En este estudio, se analizaron las propiedades físico-químicas, geoquímicas e isotópicas de cuatro muestras de aguas termales-subterráneas de pozos agrícolas ubicados en la parte central de la cuenca. Las temperaturas de las muestras varían entre 35 y 47°C y pH entre 7.8 y 8. Las aguas se clasificaron como bicarbonatadas sódicas de acuerdo al diagrama de Piper y muestran patrones muy similares con el diagrama de Stiff. Las muestras tienen índices de saturación similares para las fases minerales seleccionadas. Los minerales que contienen arsénico y fluoruro se encuentran subsaturados y tienden a disolverse en la solución. Los minerales con notable sobresaturación y que son esperados a formarse son goetita, hematita y magnetita. En este estudio se discute también el uso de geotermometría multicomponente. De acuerdo al análisis de isótopos estables de ^{18}O y 2D , el origen de las aguas termales-subterráneas analizadas es de origen meteórico. En el área de estudio también se realizó un levantamiento geofísico de 10 estaciones utilizando el método magnetotélurico y se presenta la distribución preliminar de la resistividad a partir de la inversión 3D. Este método ayudará a localizar cambios litológicos y acuíferos

a profundidad. Los resultados presentados corresponden a la primera etapa del estudio que tiene como objetivo final la construcción de un modelo conceptual del sistema geotérmico de la Cuenca Alta del Río Laja.

GEOH-3

INFLUENCIA DE LAS FALLAS GEOLÓGICAS EN LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL NOROESTE DEL ESTADO DE GUANAJUATO, MÉXICO

Piña González Viridiana¹, Li Yanmei¹, Miranda Avilés Raúl¹, Knappett Peter², Hernández Anguiano Horacio¹, Naves Acacia³, Morales Martínez Jorge Luis¹, Puy Alquiza María de Jesús¹ y Ramírez González Lucía Magali¹¹Universidad de Guanajuato, UG²Universidad de Texas A&M³Universidade da Coruña

v.pinagonzalez@ugto.mx

El agua subterránea del acuífero Laguna Seca es bombeada por más de 600 pozos registrados por la Comisión Estatal del Agua del estado de Guanajuato. El principal uso del agua extraída en este acuífero es destinado para agricultura (95%), uso público urbano y rural (4%) e industrial (1%). El clima predominante en el acuífero Laguna Seca es principalmente semi-árido templado, con valores de precipitación de 401 mm/a y valores muy bajos de recarga (10 – 25 mm). Estas condiciones propician a que el agua subterránea sea la principal fuente de abastecimiento para la población. En este estudio se realizaron análisis hidroquímicos y mineralógicos para identificar los principales procesos que contribuyen a la concentración de arsénico inorgánico total (iAs) en el agua subterránea del acuífero Laguna Seca. Los resultados obtenidos permitieron identificar que las rocas que prevalecen en el área de estudio están compuestas principalmente de minerales de silicato, y la meteorización de silicato se identificó como el principal proceso que controla la composición química del agua subterránea y la concentración de iAs, por lo tanto, las interacciones agua-roca juegan un papel muy importante en los procesos hidrogeoquímicos del acuífero. Las muestras de agua subterránea se clasificaron en dos grupos según su composición química. El Grupo II estuvo más influenciado por un flujo regional que el Grupo I. El aumento de la tasa de bombeo durante la época de secas provoca el aumento de la concentración de iAs en el agua subterránea. Además del análisis hidrogeoquímico, las nuevas fallas geológicas mapeadas en este estudio permitieron diferenciar el origen de iAs en ambos grupos. La concentración de iAs en todas las muestras proviene de flujos regionales consecuencia del bombeo, sin embargo, el agua subterránea del grupo con mayor concentración de iAs procede de los flujos regionales más profundos y termales, los cuales ascienden a través de las fallas geológicas.

GEOH-4

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO AGRÍCOLA EN TARIMORO GTO.

Morán Ramírez Janete¹, Martínez Gutiérrez Leslie Abiga² y Ramos Leal José Alfredo²¹CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM²IPICYT

janete.moran.ramirez@gmail.com

La calidad del agua es importante para el desarrollo humano y de sus actividades como en la agricultura, la cual a últimas fechas se ha visto limitada, por problemas de la salinidad o sodicidad en los suelos, en el presente trabajo se evalúa la calidad del agua subterránea para uso agrícola en Tarimoro, Gto., donde la zona de productividad agrícola presenta problemas de salinidad del suelo. En este tipo de estudio de calidad del agua, se utilizaron diagrama de clasificación de Wilcox y el método de Salinity Laboratory United States para la calidad de la tierra agrícola fueron utilizados. Analizar las condiciones reales del suelo y los indicadores de calidad del agua para uso agrícola con riesgo de salinización, relación de adsorción de sodio, relación de adsorción magnesio, índice de permeabilidad, porcentaje de sodio, porcentaje de sodio soluble, sodio residual y relación de Kelly. Tasas de sodicidad incluyendo la relación de adsorción de sodio indica que hay riesgo en el suelo. Para índices de sodio porcentaje, carbonato de sodio residual y relación de Kelly. El % de sodio muestra una distribución de clases que van desde cuestionable a inadecuado. Los niveles de salinidad muestran que la salinidad efectiva se clasifica como buena clasificación; la salinidad potencial (PS) es condicional y por lo tanto no recomendado; el potencial osmótico y eléctrico conductividad se clasifican alta

como agua salada, lo que es un problema que cada vez es más importante. La combinación de diferentes índices nos permite la mejor evaluación de la condición de salinidad o sodicidad en las áreas de estudio.

GEOH-5

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE SISTEMAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO EN CUENCAS DEL RÍO SANTA MARÍA, EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL EN GUANAJUATO

Ramos Arroyo Yann René¹, Briones Gallardo Roberto², Ángeles Moreno Edgar¹, Beltrán-Ramos Christopher¹, Hernández-González Maximino¹, Ramos-Matehuala Daniel¹, Ramos-Alvarez Xebastian¹ y Pérez-Vega Azucena¹

¹Universidad de Guanajuato, UG

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

yr.ramos@ugto.mx

El crecimiento tanto de la población como de las actividades necesarias para sostener el desarrollo de cualquier región, tiene en el volumen de agua disponible su principal limitante. La región del Bajío Mexicano, parte del Eje Volcánico Trans-Mexicano, es una cuenca estructural constituida de pilares y de grabenes extendidos en el límite tectónico sur de la Mesa Central de México. Es una planicie que varía en elevaciones desde 1,850 a 1700 msnm. En El Bajío, se encuentra una población cercana a los 5 millones de habitantes en las ciudades principales de Querétaro, Celaya, Valle de Santiago, Salamanca, Irapuato, Silao y León. Además, es una importante zona de producción alimentaria a nivel nacional y en los últimos 10 años ha despegado como “El corredor automotriz de Latinoamérica”. Ambas actividades consumen fuertes cantidades de agua, de al menos 5 mil millones de metros cúbicos anuales. Las tendencias en cuanto a el uso del agua han generado un fuerte desequilibrio en el régimen de flujo natural de esta región. Las descargas subterráneas al río Lerma han desaparecido y los niveles de los pozos disminuyen cada año. Es necesario plantear potenciales fuentes de agua para garantizar el abasto, al menos a la población. Estudios técnicos desarrollados por dependencias gubernamentales, basados en compilaciones de datos climatológicos e hidrométricos y planteando modelos hidro-geológicos, tanto conceptuales como numéricos; sugieren que una fuente potencial de agua para la población del Bajío, podría ser La cuenca del río Santa María, ubicada en la región conocida como “Sierra Gorda”, que pertenece a los estados de San Luis Potosí Querétaro y Guanajuato. La Sierra Madre Oriental del estado de Guanajuato pertenece hidrologicamente a la vertiente del Golfo de México. La cuenca del río Santa María pertenece al río Tamuín, afluente del río Pánuco. La estratigrafía sedimentaria de esta región está determinada por dos elementos paleogeográficos que originan una gran complejidad en la geometría de los acuíferos regionales: la Cuenca de Zimapán (CZ) en el suroeste y la Plataforma Valles San Luis-Potosí (PVSLP) hacia el noreste; ambos ambientes están constituidos de varias formaciones sedimentarias calcáreas y silicilásticas. Estos ambientes paleogeográficos contienen una unidad de calizas karstificadas: formación Soyatal en CZ y El Abra en la PVSLP. La estructura regional muestra que la Formación Trancas del Jurásico Superior se comporta como un basamento hidrogeológico regional impermeable. Las unidades permeables constituyen acuíferos regionales que tienen varias descargas en manantiales de alto flujo (aproximadamente 1,000 L/s), normalmente en las cercanías del cauce principal del río Santa María. El plan de considerar a esta zona como “La Reserva de agua del Bajío”, es un decreto presidencial de aprovechar estas descargas de manantiales a partir del año 2030, y derivar los volúmenes a las principales ciudades. Aún es necesario conocer los sistemas de flujo regionales y el volumen de agua que circula para plantear escenarios de aprovechamiento que permitan limitar el volumen de extracción, con el fin de garantizar el mínimo de flujo ecológico para que sigan funcionando adecuadamente los ecosistemas locales.

GEOH-6

IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO EN LA DEFINICIÓN DE LOS MODELOS HIDROGEOLÓGICOS CONCEPTUALES: CASO DE ESTUDIO, ACUÍFERO SILAO-ROMITA, GTO.

Ibarra Guadalupe, Miranda Raúl, Ángeles Edgar, Puy María José, Kshirsagar Pooja y Li Yanmei
 Universidad de Guanajuato, UG
 g.ibarraolivares@ugto.mx

El monitoreo y análisis piezométrico de las aguas subterráneas, constituye un elemento básico en la elaboración o definición de los modelos hidrogeológicos conceptuales. Mediante la interpretación de esta información, se adquiere el conocimiento sobre el comportamiento del recurso hídrico en el subsuelo, el cual permite conocer la profundidad y evolución de los niveles del agua, así como las direcciones de flujo subterráneo. Por lo anterior, es relevante realizar un buen diseño de las redes de monitoreo del agua, que consiste en la selección de sitios estratégicos de medición y la frecuencia del monitoreo. En el caso específico del agua subterránea, existen varios métodos (hidrogeológicos, geoestadísticos, estocásticos de flujo y transporte) para diseñar redes. Cuando se cuenta con información previa respecto al historial piezométrico de un acuífero o sistema acuífero, el análisis piezométrico debe considerarse previo a la elaboración o definición del modelo conceptual. La información recopilada, debe ser sucesivamente incorporada a la modelación numérica nutriendo el modelo

conceptual regional, con el propósito de ayudar a interpretar la información y la dinámica de flujo subterráneo, lo cual proporcionará mayor certidumbre al modelo y menor error en la posterior simulación numérica. En el presente trabajo se analiza la información histórica de la red de monitoreo piezométrico del acuífero Silao-Romita, que se localiza en la porción centro poniente del estado de Guanajuato y cuya área de interés abarca principalmente a los municipios de Silao y Romita. Se analiza la información piezométrica histórica y se corrobora con mediciones piezométricas recientes en campo. Fisiográficamente el acuífero se ubica dentro del Eje Neovolcánico, en la provincia denominada Zonas de Fosas Tectónicas y Vulcanismo Reciente. Predominan rocas riolíticas, dacitas, andesitas y traquitas, cubiertas ocasionalmente por basaltos. Los valles han sido rellenados por materiales fluviales, lacustres y cenizas de volcanes recientes. La geología estructural, indica que los caudales de algunos aprovechamientos subterráneos, se incrementan cuando estos se ubican a lo largo de las trazas de fallas y fracturas, lo cual indica posibles flujos ascendentes a través de estos lineamientos, así como la infiltración y circulación del agua superficial hacia los acuíferos intermedios o profundos. No obstante y debido a la poca precipitación en el área de estudio, los niveles del agua subterránea continúan abatiéndose en promedio 2 m/año. Palabras clave: acuífero, modelo hidrogeológico conceptual, análisis piezométrico.

GEOH-7

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ROCAS NATIVAS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y FLUORURO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTAMINADAS

Armienta Hernández María Aurora, Morales Arredondo José Iván, Manzo Garrido Maribel, Juárez Aparicio Fátima, Cruz Ronquillo Olivia, Aguayo Ríos Alejandra y Neri Hernández Omar
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 victoria@geofisica.unam.mx

El tratamiento con medios adsorbentes es uno de los métodos más utilizados para la remoción de fluoruro de aguas contaminadas; este proceso también se emplea para el arsénico. Uno de los problemas para su aplicación generalizada radica en los altos costos de medios como la alúmina activada o los nano-materiales. El uso de materiales naturales que incluyen residuos vegetales, carbón de hueso y minerales como óxidos de hierro y de manganeso entre otros, es una alternativa más económica y sustentable que se encuentra en evaluación. Por otro lado, la presencia de otros iones en las aguas naturales puede disminuir las eficiencias de remoción. En este trabajo se presentan resultados de la aplicación de rocas calizas para retener fluoruro y arsénico de aguas subterráneas contaminadas con ambos elementos procedentes de Zimapán, Hidalgo y Juventino Rosas, Guanajuato. Se determinaron los parámetros físico-químicos y las concentraciones de iones mayores en 4 pozos que se utilizan como fuente de agua potable o para riego. Se colectaron rocas calizas en cada localidad con las que se llevaron a cabo experimentos de remoción de As y F- con el agua correspondiente a cada sitio. En el caso de Juventino Rosas se evaluó la retención de rocas procedentes de varias formaciones geológicas. Mediante experimentos en lote se determinó la influencia del tamaño de partícula, área superficial, relación roca: agua, y tiempo de agitación en la remoción de As y F- del agua de ambas localidades. Las rocas utilizadas en los experimentos se caracterizaron química y mineralógicamente para obtener información necesaria en la identificación de los mecanismos de retención. Los resultados de los experimentos permitieron determinar los parámetros de mayor influencia en la remoción, modelar los procesos geoquímicos involucrados y mostraron también que las características físico-químicas del agua son un factor importante en la eficiencia del tratamiento. Los experimentos indican que es factible aplicar este medio adsorbente en sitios con presencia de arsénico y/o fluoruro en el agua y que constituye una opción económica y sustentable promisoría especialmente en lugares con afloramientos de rocas calizas cercanos. Los autores agradecen el apoyo del programa DGAPA PAPIIT proyecto IN106121.

GEOH-8

ESTIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA RECARGA EN EL VALLE DE TOLUCA

Rodríguez Campero Diana Cecilia¹, Garfías Soliz Jaime¹, Martel Richard² y Navarro de León Ignacio³

¹Universidad Autónoma del Estado de México, UAEMEX

²Institut National de la Recherche Scientifique, Université du Québec

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

dcrodriguez001@alumno.uaemex.mx

Las altas tasas de extracción en el acuífero del Valle de Toluca han derivado en un desbalance hídrico al rebasar el volumen de recarga media anual. El cálculo de tasas potenciales de recarga constituye, en gran medida, una parte esencial en la gestión de recursos hídricos y planeación del desarrollo urbano y agrícola. En este estudio se desarrolló un balance diario de la humedad del suelo, dando lugar a la estimación de la recarga potencial histórica y futura. El proceso integró la modificación del uso del suelo registrada desde 1980 hasta 2021. En la proyección de la recarga se consideraron diversos escenarios de precipitación y temperatura, con base en predicciones climatológicas regionales. La incorporación del crecimiento de la mancha urbana, en la estimación de la recarga futura, partió de las tasas de crecimiento demográfico proyectadas para México. Los resultados de la recarga histórica denotan la variación espacial y temporal, estrechamente relacionada con la topografía, la variación climática y el uso de suelo. El volumen promedio anual de la

recarga durante el periodo de 1980 a 2021 es de 369.5 Mm³ con una tasa de 174.5 mm/año, alcanzando los 355.7 mm/año en épocas húmedas. La variación en los volúmenes de recarga se relaciona con la impermeabilización de zonas a causa del crecimiento urbano. Los escenarios de recarga planteados muestran un porcentaje de cambio promedio anual, en relación con 1992-2021, de -16.59%, -19.99% y -22.61% para el mejor, promedio y peor escenario respectivamente. Los valores de recarga obtenidos constituyen un parámetro inicial en modelos de flujo y análisis regionales de cuenca.

GEOH-9

CARACTERIZACIÓN DEL “MANANTIAL TULMIAC” EN LA SIERRA CHICHINAUTZIN

Carranco Lozada Simon Eduardo¹, Navarro Frias Francisco Javier¹, Martínez Zermeño María Luisa Zenaida¹, Torres Rivera Sonia² y Carranco Lozada Juan Francisco¹

¹Instituto Politécnico Nacional
²Instituto de Geología, UASLP

simon.carranco@gmail.com

Parte del compromiso científico es acercar el conocimiento a la población para un bienestar y el cuidado de los recursos naturales, más cuando las regiones con actividades humanas están dentro de zonas consideradas como Áreas Naturales Protegidas (ANP), los recursos hídricos en estos sitios se vuelven de vital importancia, por ello se pretende exista una buena gestión y sea aprovechable en su mayoría el temporal para las actividades con la limitante de que a más 3000 metros de altura es muy complicado la captación por estanques o represas, aún cuando la precipitación media anual en parte de la Sierra Chichinautzin es alrededor de los 1200 mm al año es insuficiente para las actividades agrícolas, agropecuarias y de uso doméstico. En la Sierra Chichinautzin en particular en la ladera del cono cinerítico del Tulmiac existe un aprovechamiento que los comuneros y la gente en general conocen como el manantial del Tulmiac, la demanda de del recurso aumenta mientras que los comuneros afirman que el volumen de agua disminuye. La propuesta de este trabajo es verificar las condiciones hidrogeológicas en las que se encuentra el aprovechamiento del Tulmiac y con hidrogeoquímica poder determinar si el agua proveniente del llamado manantial obedece a las condiciones y suministro de un flujo local (por agua de lluvia y neblina que se llega a infiltrar), o bien que sea parte de un flujo regional del cual la zona de recarga ha sufrido cambios que provoquen la disminución de volumen, para esto es necesario la revisión de la composición estratigráfica de la Sierra Chichinautzin posteriormente la campaña de muestreo con la toma de muestra y la medición de parámetros fisicoquímicos que nos pueden ayudar a darnos una idea de las condiciones y origen del manantial, por último la toma de muestras en donde se determinará el posible origen del flujo que alimenta al manantial del Tulmiac.

GEOH-10

IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ACOPLADO DE LOS SISTEMA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y TRANSPORTE DE CALOR PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO

Ortega Guerrero Marcos Adrián
Centro de Geociencias, UNAM
maog@geociencias.unam.mx

La presencia de agua subterránea termal requiere incorporar el efecto de la densidad y viscosidad del agua con la temperatura en la distribución del potencial hidráulico. Este análisis es crítico para respaldar el modelado realista de la respuesta transitoria a largo plazo de los acuíferos al bombeo. También proporciona una base para entender el transporte de solutos y mejora nuestra comprensión del sistema de flujo de agua subterránea en una región para ayudar a prevenir, controlar y mitigar los impactos negativos en la salud y el medio ambiente causados por la migración de agua termal rica en elementos químicos, inducidos por el descenso acelerado del nivel freático. Con este propósito se presenta un ejemplo del análisis de flujo acoplado de agua subterránea regional y el transporte de calor, a escala de la cuenca hidrológica, utilizando un modelo tridimensional de elementos finitos en estado estacionario para brindar apoyo a las decisiones de gestión del agua y el modelado transitorio. Se analizan y discuten tres escenarios contrastantes: la convección isotérmica, térmica forzada y libre. El flujo combinado de agua subterránea impulsado por la topografía y los sistemas de flujo impulsados por la flotabilidad, analizados mediante la aplicación del modelo, emergieron como los más compatibles con el nivel freático, las anomalías térmicas y otras evidencias hidrogeológicas. El trabajo futuro se centrará en la gestión estratégica del agua en la cuenca de estudio para mejorar la salud de la población y fomentar la explotación ambiental sostenible y el desarrollo económico futuro, considerando el efecto combinado de la respuesta del flujo de agua subterránea a la temperatura. Sin embargo, esto requerirá el modelado continuo de diversos aspectos del transporte de solutos y el análisis del efecto de fallas y fracturas hidráulicamente conductoras y del considerar condiciones de frontera, especialmente en la zona de transición a la Faja Volcánica Mexicana.

GEOH-11

ANÁLISIS DE LAS COMPONENTES DE RECARGA NATURAL Y EXTRACCIÓN USADAS PARA EL BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA PARTE SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO (SAPSURCM)

Villegas Omar¹, Hernández Hernández Mario Alberto², Herrera Zamarrón Graciela³, Hernández García Guillermo de Jesús³ y Ramírez Guzmán Alejandro Hermelindo⁴

¹Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro
²Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, UAGro
15209086@uagro.mx

La Ciudad de México y su zona conurbada es una de las zonas más pobladas del mundo. Debido a la gran cantidad de agua que demanda la población, la extracción excesiva ha provocado la sobreexplotación del SAPSurCM, por lo que entender la disponibilidad actual del recurso hídrico subterráneo resulta necesario para su gestión adecuada. En este trabajo se propuso revisar dos de las principales componentes del balance hídrico: la recarga (natural) y la descarga (extracción por bombeo de pozos). Se recopiló, organizaron y analizaron los datos de recarga natural para el periodo 1970-2019 y los datos de extracción del periodo 1934-2018, con el fin de actualizar los valores de estas variables en el balance hídrico y su uso en un modelo matemático de flujo subterráneo precedente. Para la cuantificación de la componente de recarga se organizaron los resultados de una estimación espacio-temporal de la recarga, con base en la definición de zonas potenciales de infiltración, identificadas con el método de Procesamiento Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) generada por información en capas ráster y procesadas en un SIG. Para la cuantificación de la extracción de pozos, se generaron bases de datos y gráficas de 3 modelos matemáticos de flujo subterráneo precedentes (2005, 2018 y 2019), se organizaron bases de datos con información proporcionada por organismos operadores (CAEM, SACMEX, CNA, REPDA) y se realizó un análisis comparativo con los datos de ambas fuentes. Los resultados de la recarga natural histórica muestran que existe una variación espacio-temporal, definida por las zonas potenciales de infiltración, controladas por la precipitación y la geología. En el periodo de 1970-2019 se obtuvo un promedio de 24.85 m³/s (783.75 hm³/año), diferenciando entre el volumen de infiltración para cada zona de potencial definida: Muy pobre (0.05 m³/s), Pobre (4.58 m³/s), Moderado (9.17 m³/s), Bueno (8.59 m³/s) y Muy bueno (2.45 m³/s). Los resultados de la extracción de pozos muestran que en los modelos de flujo de los años 2018 y 2019 se reporta una extracción promedio de -560 hm³/año (en capa 1, asociada al acuitardo superior) y -625.91 hm³/año (en capa 2, asociada con el acuífero principal en explotación). Para el modelo de flujo del 2005, el valor de extracción es de -548.88 hm³/año (en capa 2). Los resultados de la extracción que proporcionan las dependencias gubernamentales, para el periodo de 1984 al 2004, la extracción va de 33 a 43 hm³/año (valores que están muy por debajo de la extracción reportada en los modelos de flujo). Sin embargo, en el periodo del 2005 al 2014 se tiene una extracción que va de -1095 a -1175 hm³/año (está por encima de los valores de los modelos de flujo), pues los valores para ese periodo en los modelos oscilan entre -863 a -1036 hm³/año.

GEOH-12

COMPORTAMIENTO ISOTÓPICO HISTÓRICO DE LA CUENCA DE MÉXICO DURANTE 5 DÉCADAS

Cortés Silva Alejandra, Pérez Quezadas Juan y Hernández Hernández Mario Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
tuzacortesilva@gmail.com

La Cuenca endorreica de México es un graben hidrológicamente cerrado, que dio origen a un sistema de 5 lagos, recargados a través de las montañas circundantes por un sistema hidrográfico constituido principalmente por 47 ríos. Históricamente se menciona que había cientos de manantiales perenes de agua dulce que algunos aún existen. Se utilizaron los isótopos estables de oxígeno-18 y deuterio; (¹⁸O, ²H) en la zona urbana de la Cuenca de México. Con el fin de observar las variaciones durante los procesos de recarga al agua subterránea a través de un enfoque histórico y regional con el objetivo de identificar los patrones de comportamiento utilizando 847 parejas isotópicas recopiladas de diferentes fuentes de investigación de 1974 a 2020. A estos patrones históricos se le integraron 38 valores isotópicos actuales, con el fin de corroborar que estos reproducirán los patrones históricos, así como zonas de recarga y zonas de baja calidad. Estos resultados han servido, entre otros usos, para fortalecer la reformulación del modelo conceptual de la Cuenca de México.

GEOH-13

REVISIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS HIDROGRÁFICO Y DE MEDICIONES ISOTÓPICAS

Hernández Hernández Mario Alberto¹, Cortés Silva Alejandra², Herrera Zamarrón Graciela², García Ledesma Israel Alejandro³ y Pérez Quezadas Juan⁴

¹Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

⁴Instituto de Geología, UNAM

malbher@igeofisica.unam.mx

Un reconocimiento preliminar realizado en noviembre de 2021 del área de estudio (37.2 km²), ubicada al sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas), muestra la confluencia de escorrentías de diferentes microcuencas, que descargan en el río principal (río El Sabinalito, con un caudal aproximado de 214 litros por segundo, en el momento del muestreo). El desnivel topográfico del área (en promedio de 440 m), junto con la disposición geológica del sitio (intercalaciones de calizas, lutitas y areniscas), genera la presencia de manantiales de importantes caudales (18-27 litros por segundo, al momento del muestreo), que descargan hacia escurrimientos superficiales en el área. La configuración del nivel freático y las direcciones de flujo en la zona presentaron una pendiente que converge hacia el río El Sabinalito, identificándose una conexión y una condición de río ganador. La presencia de "norias" (pozos someros, 20-40 m de profundidad) y pozos profundos (80-120 m de profundidad) permite la captación de agua del subsuelo, alcanzando el nivel freático somero y probablemente el flujo intermedio de aguas subterráneas. Para caracterizar las interacciones del agua se utilizaron los valores isotópicos (¹⁸O y ²H, en ‰) obtenidos de los diferentes aprovechamientos hídricos para identificar la mezcla entre dos componentes, provenientes del agua de lluvia contemporánea (entre -7.59 a -6.93 en ¹⁸O y entre -53.04 a -50.68 en ²H) y del agua de lluvia fraccionada por el proceso de evaporación (entre -6.43 a -4.76 en ¹⁸O y entre -49.23 a -37.61 en ²H). Este último componente está relacionado con las actividades antrópicas de reutilización del agua. Dado que el nivel freático es tan poco profundo en el área (1-20 m de profundidad), el agua subterránea es altamente vulnerable a la presencia superficial de cualquier fuente de contaminación. La identificación y mitigación de los contaminantes del agua son necesarias para no comprometer su calidad para los usos actuales y futuros.

GEOH-14

DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE MEZCLA ENTRE EL ACUÍFERO Y EL AGUA TERMAL POR MEDIO DE ISÓTOPOS DE AGUA Y GASES NOBLES EN ARARÓ-SIMIRAO, MICHOACÁN

Pérez Martínez Isabel¹, Villanueva Estrada Ruth Esther² y Ceniceros Bombela Nora²

¹CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

perezrm@igeofisica.unam.mx

El sistema geotérmico Araró-Simirao se ubica en la parte este del Lago de Cuitzeo, en el estado de Michoacán. De acuerdo con Viggiano-Guerra y Gutiérrez-Negrín (2003; 2005) es un sistema convectivo de líquido dominante con alta salinidad, con una temperatura de reservorio mayor a los 200 °C (Segovia, 2010). Las aguas son de tipo cloruradas-sódicas, las cuales han sufrido un proceso de mezcla con el acuífero somero de la zona y su expresión superficial es a través de manantiales termales. El objetivo de este estudio fue establecer el impacto del agua termal sobre el acuífero del área, a través de determinar las fracciones de mezcla por medio del estudio de isótopos estables de agua (²H y ¹⁸O), dado que algunos autores (Richards et al., 2018) han utilizado los modelos de mezcla a partir de la composición isotópica de ²H y ¹⁸O, para estimar diferentes procesos, así como los diferentes cuerpos de agua en los acuíferos. También se determinó el origen de los gases del sistema a partir de los isótopos de gases nobles (³He, ⁴He y ²⁰Ne). En este trabajo se muestrearon fluidos termales (agua y gas) en manantiales termales, pozos (agua termal y agua potable), escurrimientos y una poza de lodo, donde se determinaron parámetros fisicoquímicos en campo (pH, CE, STD, T, ORP), además realizaron análisis químicos para la cuantificación de la concentración de iones mayores (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻), concentraciones de gases disueltos y gases burbujeantes, además del contenido de isótopos estables de agua y de gases nobles. De acuerdo con los resultados de la relación (¹⁸O - Cl⁻) los miembros extremos del sistema son el pozo de agua potable (agua subterránea) y el pozo exploratorio Z-3 (agua termal). Existen dos grupos de aguas, el primero, que de acuerdo con el modelo de mezcla (¹⁸O), presenta porcentajes mayores al 60% de agua termal; mientras que el segundo presenta porcentajes de agua termal menores al 30%. Los manantiales del primer grupo se encuentran dentro del denominado sistema termal, mientras que los manantiales del segundo grupo se ubican fuera de la zona principal del sistema. De los resultados de la modelación de las fracciones de mezcla de los isótopos de gases nobles (³He/⁴He y ⁴He/²⁰Ne), se tienen tres miembros extremos o posibles orígenes de los gases en el sistema, uno magmático (con un mayor porcentaje de este (66%) en la poza de lodo, uno cortical con un mayor porcentaje (80 %) en el manantial termal de mayor temperatura y el tercero atmosférico con una mayor proporción (84%) en otro de

los manantiales termales dentro del área del sistema. En conclusión, el acuífero se encuentra mayormente impactado en la zona dentro del sistema termal y en menor proporción en sus alrededores. El origen de los fluidos geotérmicos es magmático, pero también presentan una componente cortical y una atmosférica.

GEOH-15

ESTUDIO HIDROQUÍMICO E ISOTÓPICO DEL ACUÍFERO REGIÓN CARBONÍFERA, COAHUILA

Batista Cruz Ramón Yosvanis¹, Batista Rodríguez José Alberto¹, Montecelos Zamora Yalina², Gunter Kretschmar Thomas³, De la Garza Rodríguez Iliana Margarita⁴, Canales Gutiérrez Luis Eutiquio⁵, Díaz Martínez Roberto¹, Blanco Moreno Jesús Antonio¹, Almaguer Carmentes Yuri¹, Rodríguez Vega Antonio¹ y López Saucedo Felipe de Jesús¹

¹Escuela Superior de Ingeniería Adolfo López Mateos ESI-UADEC

²Instituto Tecnológico Superior de Mazamitlán

³CICESE

⁴Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila

⁵Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, Saltillo

yosbatista13@gmail.com

Los recursos hidrogeológicos en las regiones semiáridas de México sustentan la economía y las actividades domésticas esenciales de alrededor de 17 millones de personas. Sin embargo, las condiciones climáticas adversas y la sobreexplotación de los acuíferos afectan la cantidad y calidad del recurso, sumado a problemas de contaminación antropogénica y salinidad de los cuerpos de agua. El acuífero de la Región Carbonífera representa el principal sistema hidrogeológico en la región carbonífera más importante de México, ubicada en el estado de Coahuila. En este trabajo, se presentan el análisis de 155 muestras de agua superficiales y subterráneas que se han utilizado para caracterizar los procesos fisicoquímicos e isotópicos responsables de la composición de las aguas circulantes, estudiar su origen y evaluar la calidad del agua en términos de consumo humano y uso para riego. El acuífero está representado mayoritariamente por aguas tipo Ca²⁺-Mg²⁺-SO₄²⁻ y Ca²⁺-Mg²⁺-Cl⁻, que soportan problemas de salinización en el 76% de las muestras así como exceso de sulfatos. El origen de este comportamiento químico parece ser el resultado de tres procesos principales: 1) disolución de sales solubles (yeso, anhídrita y halita), 2) alta evaporación superficial en condiciones de clima semiárido, y 3) intercambio iónico e iónico inverso. Los procesos 1 y 2 también están respaldados por las tendencias de enriquecimiento en las firmas ¹⁸O y ²D. Para consumo humano, el 21% de las muestras presentan concentraciones altas por encima de los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en sólidos disueltos totales, Cl⁻, Na⁺ y SO₄²⁻. Adicionalmente, el 80% de las aguas tienen alguna limitación para actividades de riego debido al exceso de sodicidad o salinidad. Las aguas de peor calidad para uso humano o riego se ubican al sur del acuífero en los municipios de Juárez y Progreso. Este estudio expone la compleja situación hídrica del acuífero, sensibilizando sobre la necesidad de buscar fuentes alternativas, el aprovechamiento racional de los recursos, el uso de cultivos que se adapten mejor a estas condiciones semiáridas e intensificar el monitoreo hidroquímico en la región.

GEOH-16

ORIGEN DE LA SALINIDAD EN TIERRA NUEVA, SAN LUIS POTOSÍ

Loyola Martínez Erika¹, Morán Ramírez Janete² y Ramos Leal José Alfredo¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

erika.loyola@ipicyt.edu.mx

En las regiones áridas y semiáridas una alternativa confiable para el desarrollo humano y sus actividades es el agua subterránea. La sobreexplotación afecta a los acuíferos y algunos tienen salinización de las aguas subterráneas y suelos. En Tierra Nueva, SLP, la salinización de los suelos y aguas subterráneas tienen un impacto en los nutrientes en el suelo, con disminución de vegetación, aumento en suelos áridos o desérticos. En esta región la salinidad tiene dos orígenes: el primero es de tipo natural debido a la alteración de rocas volcánicas ricas en Na y el segundo es de origen antropogénico debido al riego intensivo en condiciones semiáridas, retorno de riego, suelos con horizontes arcillosos a poca profundidad y un drenaje de suelo limitado. El objetivo del presente trabajo, se enfoca a explicar el origen de la acumulación de sal en aguas subterráneas y suelos por interacción agua roca, mediante análisis petrográficos, rayos X (XRD) y sus relaciones iónicas del agua. Estos análisis evidencian que la mineralogía está dominada por fragmentos riolíticos volcánicos, en matriz vítrea, clastos de feldespatos, plagioclasas y cuarzos, a transformación de fases, crecimiento de minerales secundarios, disolución y/o precipitación e intercambio iónico. Este proceso de salinización eventualmente conduce a suelos que no son adecuados para las actividades agrícolas.

GEOH-17

PREDICCIÓN Y CARACTERIZACIÓN HIDROGEQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ROCAS EVAPORÍTICAS Y SEDIMENTARIAS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

De Gyves López Juan Sebastian¹, Morán Ramírez Janete²,
Ramos Leal José Alfredo¹ y Samperio Ramos Guillermo³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

juan.degyves@ipicyt.edu.mx

Las aguas subterráneas pueden contener sustancias que lleguen a producir efectos nocivos en la salud pública y/o deterioren el medio ambiente cuando emergen a la superficie (Appelo y Postma, 2005). Las aguas subterráneas en una porción de la Sierra Madre Oriental, en San Luis Potosí, transcurren sobre la Formación Guaxcamá (anhidrita, dolomita) y material sedimentario (arcillas, calizas) (Torres-Rivera et al. 2019). Estos minerales y rocas se disuelven naturalmente (Zaier et al. 2021), liberando componentes que modulan la química del agua y llegando a afectar su calidad. El objetivo del presente trabajo es caracterizar hidrogeológicamente las aguas subterráneas en rocas evaporíticas y sedimentarias de una porción de la Sierra Madre Oriental, incluyendo modelos de especiación para predecir la química del agua. Durante el 2011 se recolectaron 22 muestras de agua subterránea. Se midieron parámetros fisicoquímicos, cationes y aniones mayoritarios. Por medio de herramientas hidrogeológicas como diagramas de Piper y Schoeller-Berkaloff se determinaron familias de agua predominantes; así como, procesos evolutivos con los diagramas de Gibbs (e.g., interacción agua-roca) y Mifflin (evolución del agua). Finalmente, se construyeron diagramas de distribución de especies y diagramas Eh-pH para el carbono, azufre y nitrógeno. La clasificación del agua de todo el conjunto de muestras fue cálcica-sulfatada. Los tipos de agua en el área de estudio fueron mayoritariamente cálcica-magnésica-sódica-sulfatada-bicarbonatada-clorurada. El tipo de agua de un drenaje ácido de mina sobre rocas evaporíticas fue magnésica-cálcica-sódica-sulfatada-clorurada y, por último, un sitio en cercanía al drenaje ácido de mina, pero sobre rocas sedimentarias tuvo un tipo de agua magnésica-cálcica-sódica-sulfatada-bicarbonatada-clorurada. El proceso hidrogeológico dominante fue la interacción agua-roca con disolución principalmente de yeso, anhidrita, calcita y dolomita. El intervalo de temperatura de todas las muestras fue de 20 – 27.3°C. Con base al pH y potencial redox, se predijo que en los ambientes ácidos (n=3) las formas predominantes del carbono, azufre y nitrógeno fueron ácido carbónico, ion bisulfato, sulfato, azufre elemental, amonio, nitrógeno molecular y nitrito, mientras que para el caso de los ambientes circum-neutros (n=19) fueron bicarbonato, sulfato, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno molecular y nitrito. En conclusión, estas aguas subterráneas se caracterizan por ser cálcicas-sulfatadas formadas por un proceso de interacción agua-roca y evolución inversa, con aguas ácidas consecuente de actividad minera (protonación de sulfato) y circum-neutras por disolución de calcita y dolomita. Adicionalmente, se predice que hay especies (i.e., ácido carbónico, azufre elemental, sulfuro de hidrógeno) y componentes químicos (i.e., bicarbonato, ion bisulfato, sulfato, amonio, nitrito) que pueden estar afectando seriamente la calidad del agua.

GEOH-18

PROCESOS ECOSISTÉMICOS DE RECARGA Y DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN UN BOSQUE TROPICAL SECO ASOCIADO A UN MEDIO FRACTURADO

Orozco Uribe Landy Carolina¹, Ortega Guerrero Marcos Adrián²,
Maass Moreno José Manuel¹ y Paz Hernández Horacio¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

geophys@gmail.com

Con el fin de analizar los procesos que controlan la recarga y descarga de agua subterránea en un bosque tropical seco que se desarrolla sobre un medio geológico fracturado, se seleccionaron tres cuencas de estudio en Chamela, Jalisco, México, en las que se han realizado investigaciones del medio físico y biótico desde hace más 40 años. El abordaje se realiza por medio de: 1) análisis de imágenes LiDAR y trabajo de campo para la determinación de la distribución de vegetación y caracterización del medio fracturado; 2) mediciones automatizadas de la precipitación y de la respuesta precipitación-escorrentamiento en vertederos instalados a la salida de las cuencas; 3) simulaciones numéricas en la zona no saturada del suelo para el estudio del proceso de infiltración hacia el medio fracturado, y 4) integración y síntesis del conocimiento multidisciplinario existente. Los resultados muestran que la distribución de la vegetación es un indicador de la entrada y salida de flujos subterráneos y su asociación a condiciones en el medio fracturado. Las mediciones de precipitación y escorrentamiento indican la influencia de lluvias previas al primer evento de escorrentamiento y que estas lluvias previas se infiltraron rápidamente a través del suelo aportando flujo hacia el medio fracturado subyacente. El análisis de la primera respuesta precipitación-escorrentamiento, muestra la partición de entre 84% y 86% de la precipitación en infiltración, y solo entre 1.72 % y 3.77% como escorrentamiento total con un importante aporte de agua subterránea como flujo base. Estos resultados sugieren que la recarga es mayor a lo que previamente se

consideraba, por lo que se propone un modelo conceptual de funcionamiento basado en las condiciones marcadamente estacionales del ecosistema. Estos resultados denotan la importancia del trabajo de largo plazo y abren nuevas puertas en la elaboración de propuestas de conservación y sustentabilidad del agua subterránea en la región y en bosques tropicales secos en México.

GEOH-19

SISTEMAS DE FLUJO Y EVOLUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN UN ACUÍFERO VULCANO-SEDIMENTARIO: CASO DE ESTUDIO ACUÍFERO VALLE DE PUEBLA

Rubio Arellano Ana Beatriz¹, Ramos Leal José Alfredo¹,
Vázquez Báez Víctor Manuel² y Arango Galván Claudia³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

³Instituto de Geofísica, UNAM

ana.rubio@ipicyt.edu.mx

México es un país con gran variedad de características geohidrológicas en todo su territorio, por ende, el agua subterránea es de mayor interés en las regiones áridas extensas, donde en la mayoría de las veces, el subsuelo suele ser la principal y/o única fuente permanente de agua. Sabemos que el agua subterránea tiene su origen en la infiltración del agua superficial, que a su vez procede de la precipitación de lluvia; por otra parte, el agua superficial y el agua subterránea constituyen las únicas fuentes que pueden ser aprovechadas por el ser humano para la obtención de este recurso natural. Actualmente la escasez del recurso en el país, aunado al deterioro de la calidad del agua ha provocado que se haya asumido éste como un problema de seguridad nacional; por lo que su estudio, así como la correcta administración del agua es prioridad en nuestro país. En el presente trabajo se hace un estudio de la hidrogeología del agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla, con la finalidad de comprender su naturaleza, circulación y distribución, a través de la caracterización de los procesos hidrogeológicos que ocurren dentro del acuífero. Se utilizan diversos diagramas para distinguir la evolución del agua subterránea en la zona de estudio, así como también, se logra identificar la familia de aguas. Se ha considerado que el agua subterránea en este acuífero, fluye a través de materiales rocosos y sedimentarios; al circular a través de ellos disuelve minerales, modificando su composición química original. Es por ello que, a partir del conocimiento de la química del agua hemos podido inferir y ratificar algunas de las características del funcionamiento hidroológico del sistema, principalmente se identificaron las zonas de recarga y las direcciones de flujo.

GEOH-20

DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Maciel Christian Alexander y Maciel Roberto

Universidad de Guadalajara, UdeG

pladysu@gmail.com

Hay alrededor de 5'000,000 de personas, asentadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), requieren agua para las actividades productivas que se realizan en las poblaciones rurales y urbanas (agua potable para las poblaciones, industrias y zonas agropecuarias. Hipotéticamente, el mayor consumo de agua dulce lo realiza a nivel nacional, el sector agropecuario (70%), en menor proporción las zonas urbanas (24%), las industrias (5%) y los spas (balnearios hidrotermales) con un bajo porcentaje (1%). Por ser un insumo indispensable, se genera una extracción y un multiuso de este recurso subterráneo (que en ocasiones se etiqueta para consumo urbano (que es el de menor costo), pero se destina para propósitos industriales o agropecuarios). El Sistema intermunicipal de los servicios agua potable y alcantarillado (SIAPA), dispuso un total de 159,616,284 m3 de agua (primer semestre de 2019), considerando una dotación por habitante de 211 l/Hab/día; extrayendo de Chapala el 62% con 92,044,880 m3, de la presa Elías González Chávez el 9% con 20,544,107m3, de manantiales el 2% con 1,839,679 m3 y de pozos profundos el 27% con 45,187,618 m3. Acuerde a las cifras del Registro Público de Derechos del Agua de la Gerencia, en la ZMG, hay 4,217 aprovechamientos o concesiones subterráneas, por municipio son; 51 Juanacatlán, 210 Ixtlahuacán de los Membrillos, 103 El Salto, 326 Guadalajara, 1496 Tlajomulco de Zúñiga, 67 Tonalá, 570 San Pedro Tlaquepaque, 958 Zapopan, y 436 Zapotlanejo. Por lo anterior, los municipios que mayor densidad de pozos tienen son Tlajomulco de Zúñiga seguido por Zapopan y Tlaquepaque. No existe un estudio sobre las zonas de recarga de los acuíferos del AMG y sus cuencas y en especial la parte sur de la ZMG y tampoco existe un estudio sobre la permeabilidad del suelo, ni de las diferentes unidades litológicas existentes en el subsuelo, tampoco existe un estudio (geofísica) sobre las zonas de mayor fracturación, por las estructuras geológicas enmascaradas por las unidades litológicas más recientes (productos piroclásticos de la sierra de La Primavera). La vulnerabilidad de los acuíferos (cambios físico-químicos), aumenta, considerando que todos están sobreexplotados, es decir el volumen de recarga es menor al que se extrae y la concentración de los sólidos disueltos, se ha incrementado por mezcla con aguas geotérmicas y residuales, con un impacto adverso en la composición físico química del mismo y el consecuente impacto a la salud de la población, cambios en la calidad del suelo (agronomía) y en los procesos industriales donde se usa (fabricación de alimentos o servicios). El agua subterránea necesita ser monitoreada permanentemente en términos de cantidad

y calidad, para definir su comportamiento y estado, e identificar cambios, como extracción excesiva, recarga reducida (incluidos los efectos del cambio climático) y contaminación.

GEOH-21

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA POTENCIAL MEDIANTE MODELACIÓN HIDROLÓGICA Y DATOS DE PERCEPCIÓN REMOTA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN ANTONIO, TAMAULIPAS

Arciniega Esparza Saul y Hernández Espriú Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 zaul_ae@hotmail.com

Las cuencas altas corresponden a una importante fuente de agua para los ecosistemas, ya que proveen de grandes tasas de recarga para los acuíferos y de escurrimiento para las cuencas bajas. En este trabajo se evalúan las componentes del balance de agua en la cuenca alta del Río San Antonio, en Tamaulipas, el cual aporta caudal a la presa Vicente Guerrero, en el mismo estado. La cuenca de 382 km² presenta una precipitación media anual de ~780 mm/año y un clima árido con un índice de aridez de 2.5 (evapotranspiración potencial/precipitación). La geología de la cuenca es compleja pues sobreyace a rocas calizas y lutitas del Cretácico con fallas y pliegues anticlinales que modifican su geomorfología. La recarga potencial y el resto de las componentes del balance de agua se evaluaron a escala de cuenca con el Modelo Hidrológico Lumped in Continuo (MILC) contenido en la librería de código abierto Lumped Models for Hydrology (LuMod). Se utilizaron datos de precipitación derivados de percepción remota del Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) y temperatura del producto global de reanálisis ERA 5. Estos datos globales fueron corregidos por sesgo utilizando datos de estaciones climatológicas cercanas a la cuenca. Además, se utilizaron datos hidrométricos del periodo de 1983 al 2000 para calibrar el modelo y del 2001 al 2010 para validarlo, en donde el proceso de calibración consistió en 10,000 simulaciones de Monte Carlo preservando las mejores 100 simulaciones según el criterio de Eficiencia de Kling Gupta (KGE). La cuenca presentó un patrón hidrológico complejo para el cual se obtuvo un KGE promedio de 0.43 al comparar datos de caudal observado y simulado. Los resultados sugieren que, en promedio, cerca del 51% de la precipitación se convierte en caudal, 48% se pierde por evapotranspiración, y sólo el 1% se percola a estratos profundos. Además, la recarga potencial sigue una relación lineal con respecto a la precipitación anual (Perc=0.023Prec-6.559), por lo que el clima es un factor importante para determinar cuánta agua queda disponible para los acuíferos. Cabe destacar, que un modelo conceptual adaptado a las condiciones geológicas e hidrológicas locales podría mejorar las estimaciones obtenidas, por lo que este estudio sirve de base para trabajos futuros relacionados con la estimación de la recarga potencial utilizando datos de percepción remota y modelación numérica.

GEOH-22

MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA INVERSA Y DIRECTA PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DEL ORDEN DE LAS SECUENCIAS MINERALES EN LOS SISTEMAS DE FLUJO DE LA CUENCA DEL RÍO AMACUZAC, MORELOS, MÉXICO

Bautista Pueyo Isaac¹, Morales Casique Eric¹, Morán Ramírez Janete², Ramos Leal José Alfredo³ y Lezama Campos Jose Luis¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT

isaacbaut@gmail.com

Unos de los principales recursos hídricos del estado de Morelos son los abundantes manantiales que se emplean para abastecer de agua a sus principales ciudades, pueblos y zonas agrícolas. Además, son un eje económico y motor turístico del estado. Por este motivo, el estudio de la calidad del agua de dichos manantiales ha tomado gran relevancia los últimos años. Con el objetivo de modelar y comprender mejor los procesos hidrogeoquímicos que sufre el agua subterránea en su circulación por los sistemas de flujo en la cuenca del Río Amacuzac y que definen la composición de dichas descargas, en este trabajo se estudió la influencia que tiene el orden de las diferentes secuencias geológicas en la composición química final del agua subterránea en la descarga de los manantiales. Para ello, en primer lugar, y con base en el trabajo de Morales-Casique et al. 2016, se desarrolló un modelo conceptual para caracterizar los sistemas de flujo de agua subterránea y establecer las secuencias geológicas por las que fluye. Posteriormente, se obtuvo una distribución espacial de los elementos mayores y menores en las aguas de la cuenca a partir de un muestreo extenso realizado en los diferentes manantiales. Con base en esta distribución, se seleccionaron tres aguas con diferentes composiciones químicas correspondientes a tres manantiales diferentes localizados a lo largo de una sección que atraviesa toda la cuenca, que representan tres sistemas de flujo y que atravesarían una secuencia geológica diferente. Posteriormente, utilizando el programa PHREEQC 3.0 se construyeron tres modelos inversos para cada uno de los sistemas de flujo seleccionados utilizando una misma composición de agua inicial o punto de partida (zona de recarga) semejante a la composición química del agua de lluvia. Con el resultado de esas modelaciones se obtuvo la transferencia de masa de las diferentes fases minerales para cada caso modelizado. Estos resultados

se utilizaron como información para construir modelos directos, donde se tomó en cuenta el tipo de secuencia geológica y, sobre todo, el orden de las rocas por los que atraviesa la línea de flujo. Los resultados de estos modelos directos se compararon con la composición real del agua que emana en cada uno de los manantiales estudiados. La modelación inversa implementada resuelve las ecuaciones de forma simultánea, sin tomar en cuenta el orden secuencial de las rocas por las que atraviesa el sistema de flujo. Para investigar la influencia de tal orden, se implementó un procedimiento para resolver las ecuaciones de manera secuencial, dependiendo de las fases minerales que encuentra el sistema de flujo, y se observó que este orden modifica considerablemente la composición química del agua. Por tanto, los resultados preliminares obtenidos al aplicar esta nueva metodología permitieron observar cómo es la evolución química del agua subterránea en cada sistema de flujo. Todo ello permitirá abrir una nueva ventana de conocimiento para entender mejor la evolución hidrogeoquímica a escala de cuenca.

GEOH-23

ESTUDIO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DULCE EN LA ZONA NORTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN ANTE LA VARIACIÓN DE EXTRACCIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Evia Cabral Luis Rodrigo, Salles Afonso de Almeida Paulo, Pacheco Castro Roger Benito, Canul Macario César Alejandro, Breña Naranjo José Agustín, Hernández Espriú Antonio y López González José

Instituto de Ingeniería, UNAM

luiseviac@outlook.es

El agua es uno de los componentes más importantes del mundo siendo un recurso esencial para la vida, pero desafortunadamente es un recurso finito. En el estado de Yucatán, el agua subterránea es la única fuente de agua constante para el abastecimiento de la población y sus actividades, la cual se encuentra contenida en un acuífero de tipo costero altamente vulnerable denominado: "El acuífero de la península de Yucatán". La dinámica de este acuífero es muy particular comparado con las de otros acuíferos del país, dada su naturaleza kárstica hace que el flujo de agua subterránea sea relativamente intenso a través de fracturas y conductos de disolución, pero con una velocidad muy reducida; Toda el agua subterránea del acuífero se encuentra circunscrita por agua salada como un lente de agua dulce, esta región a pesar de tener un clima tropical con alta precipitación se tiene una falsa concepción de la realidad hídrica de la región, puesto que se presenta una evapotranspiración y evaporación elevada lo que invariablemente reduce el porcentaje de infiltración hacia el acuífero afectando directamente al balance hídrico de la región. Esto representa un gran reto al momento de plantear estudios relacionados al agua subterránea y más al momento de planificar el futuro y la cuantificación real del volumen de agua contenida en el acuífero. Por tal motivo el presente trabajo de investigación se centra en la evaluación del volumen de agua disponible usando un modelo de flujo de agua subterránea en la zona de estudio (noreste del acuífero de la península de Yucatán); El modelo evaluará el volumen de agua e incorporará en el cálculo del balance hídrico ante los efectos del cambio climático (variación en los porcentajes de recarga del acuífero) e incremento de la población conforme a las proyecciones de crecimiento poblacional actual, así como un análisis de incertidumbre en las variables de recarga, lo que generará un rango de valores de volumen de agua a diferentes escalas de tiempo, así como la descripción de su evolución con las cuales se podrá mejorar la evaluación de la disponibilidad de agua de manera más real y precisa antes estos estresores que enfrentan y enfrentaran los recursos hídricos subterráneos en la región; Precizando la cuantificación y mejorando la planificación con la herramienta que actualmente se tiene (NOM-011-CONAGUA-2015).

GEOH-24

EN EL ENTENDIMIENTO DEL ACUÍFERO NOROESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN DESDE SUS MANANTIALES

Pacheco Castro Roger Benito¹, Salles Paulo¹ y Canul-Macario Cesar²

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

rpachecoc@ingen.unam.mx

El estudio del acuífero de la Península de Yucatán es un reto por la presencia de conductos y fracturas de disolución donde el agua se mueve con mayor facilidad debido a su naturaleza kárstica del acuífero. Los métodos clásicos del estudio de acuíferos kársticos simplifican estos complejos sistemas al considerarlos medios porosos equivalentes. La literatura actual menciona los manantiales como puntos importantes para caracterizar acuíferos kársticos y obtener información acerca de su funcionamiento. Series de tiempo de parámetros fisicoquímicos medidos en manantiales permiten conocer: el tipo de infiltración de la recarga, mecanismos involucrados de karstificación, el grado de organización del acuífero y además, en el caso de manantiales costeros, mecanismos de interacción con el mar. El presente estudio hace uso de mediciones realizadas en el Observatorio Costero del Sureste en manantiales costeros para obtener información acerca de este complejo sistema y sus interacciones con el mar. Estos manantiales se encuentran en la región comprendida entre Sisal y Chuburna, y se encuentran localizados en lagunas costeras, donde la salinidad del agua puede variar de agua dulce a aguas hipersalinas. Resultados previos muestran que los manantiales pueden ser puntos de infiltración de agua salda al acuífero costero, y el comportamiento en sus hidrogramas es debido a la recarga en la parte continental y a las mareas. Los

resultados obtenidos de este trabajo son de importancia en el entendimiento de este frágil y complejo sistema, fuente principal de agua dulce para la población, además de que serán usados en herramientas enfocadas a la gestión del acuífero de la Península de Yucatán.

GEOH-25

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA DEL ACUÍFERO DE LA ISLA DE BARRERA DE SISAL, YUCATÁN

Medina Rosado José Alejandro¹, Pacheco Roger¹, Salles Paulo¹, Canul César² y González Roger²

¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Universidad Autónoma de Yucatán, UADY

jmedinar@ingen.unam.mx

Las islas de barrera existentes a lo largo de la costa de Yucatán son zonas estratégicas que permiten el desarrollo de actividades económicas relacionadas con la pesca y el turismo. Además, albergan paisajes naturales y especies endémicas, los cuales ofrecen servicios de alto valor ecosistémico. Dichas islas de barrera poseen acuíferos costeros colgados y separados del acuífero regional por una capa semiconfinante y carecen de una correcta caracterización. Esta caracterización es importante debido a la vulnerabilidad intrínseca de la costa de Yucatán y el desarrollo que se tiene en la zona costera, por lo cual representa el principal objetivo en esta investigación. Actualmente, en el puerto de Sisal se ha iniciado la estimación de parámetros hidráulicos y el monitoreo del nivel estático; mientras que la modelación numérica del flujo del agua subterránea de densidad variable con el código SEAWAT está en etapa de desarrollo. La conductividad hidráulica se estimó con pruebas en pozos tipo slug test, interpretadas con el modelo analítico de Bouwer & Rice (1976); el almacenamiento se estimó a través del modelo analítico de respuesta a la marea en acuíferos desarrollado por Ferris (1952). Los resultados preliminares indican que la conductividad hidráulica y el almacenamiento están en los rangos de 1.8 a 2.2 m/d y 0.02 a 0.08, respectivamente. Considerando estos resultados y el análisis de la respuesta a la marea del acuífero se infiere que el acuífero es de tipo libre. Actualmente, se realiza la modelación numérica del flujo de aguas subterráneas para un lapso correspondiente al periodo de recarga. Este modelo numérico permitirá describir el flujo subterráneo y mejorar la estimación de los parámetros hidráulicos mediante su calibración y validación utilizando las series de tiempo del nivel estático.

GEOH-26

MODELO HIDROGEOLÓGICO MULTIDISCIPLINARIO DE LA CUENCA DE SAN JUAN DEL RÍO, QUERÉTARO, MÉXICO

Hernández-Pérez Eliseo, Levresse Gilles, Carrera-Hernández Jaime Jesús, Carreón-Freyre Dora Celia y Corbo Fernando

Centro de Geociencias, UNAM

eliseo_hdez@hotmail.com

Los acuíferos en el norte y centro de México son sistemas hidrogeológicos complejos con limitaciones meteorológicas, climáticas, hidrográficas, geológicas y antropogénicas. Las cuencas se encuentran limitadas por las estructuras regionales del tipo "Basin and Range"; formando acuíferos siliciclásticos someros que se describen como modelos geológicos compartimentados multicapa. Hasta la fecha existe un desconocimiento de las interacciones entre los diferentes reservorios de aguas y sus fuentes de procedencia (meteorica/subterránea/local/regional). La Cuenca de San Juan del Río (SJR) se encuentra en la triple unión de las provincias geológicas: La Mesa Central (MC), el Cinturón Volcánico Trans Mexicano (TMVB) y la Sierra Madre Oriental (SMO). Siendo afectada por los Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (TSMFA) con dirección N-S y el sistema de fallas Chapala-Tula (CTFS) subparalelo al TMVB. La SJR, es una cuenca exorreica intramontañosa con una extensión de 2,800 km² y con elevaciones que van de los 1900 a los 3200 m.s.n.m. La complejidad climática de la SJR reside en el flujo de masas de aire húmedo tanto del Atlántico como del Pacífico. El modelo geológico/geofísico reveló un sistema multicapa/multicompartimento integrado por: 1) Un acuífero colgado en la zona serrana de la Caldera de Amealco, 2) un acuífero granular somero en la zona del valle y 3) Un reservorio profundo con características hidrotermales. El modelo hidrogeoquímico reveló la existencia de 3 fuentes principales de recarga o Miembros Terminales (EM). Estos se identificaron como 1) Recarga meteorica local (Componente A) 2) Agua subterránea antigua en el reservorio somero silicoclástico (Componente B) y 3) Recarga de un reservorio hidrotermal regional/local (Componente C). El modelo de mezcla se realiza a partir de un análisis de componentes principales (PCA) para analizar los datos hidrogeoquímicos y estimar la contribución de los tres EM. La recarga dominante en la recarga en el acuífero es el agua meteorica con porcentajes de entre 40% y 60%. La contribución de agua subterránea proveniente del reservorio hidrotermal es significativa con un aporte medio de 14.5% pudiendo llegar hasta el 40% en los pozos que se manifiestan con una clara firma hidrotermal. La recarga meteorica local (Componente A) fue delineada a partir del trazado isotópico de #2H-#18O en el ciclo hidrológico, proporcionando una visión integral de la dinámica entre los diferentes reservorios (vapor atmosférico/precipitación/escorrentía/agua subterránea). El agua subterránea almacenada en el reservorio granular somero (Componente B) se delinea a partir de la hidrogeoquímica. Las edades de #14C muestran tiempos de residencia de entre 5,481 a 8,878 yBP para las aguas antiguas en el acuífero granular del valle. Así como tiempos de residencia de 902 a 1,730 yBP para las aguas subterráneas en el acuífero colgado. La recarga regional/hidrotermal (Componente

C) se elucidó a través del estudio isotópico de 3He/4He y 4He/20Ne y la composición de gases nobles. Mostrando el aporte de fluidos hidrotermales y su mezcla con aguas someras en regiones tectónicamente activas.

GEOH-27

MARCO DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO EN SISTEMAS ACUÁTICOS KÁRSTICOS SUPERFICIALES CON UN ENFOQUE DE CUENCA

Neri Iris¹, González Gabriela², Vences Juárez Litza², Núñez Fernández Tihui³, Aragón González Jesús¹ y Mariño Tapia Ismael¹

¹ENES Unidad Mérida UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Consultora Independiente

iris.neri@enesmerida.unam.mx

Las cuencas hidrográficas incluyen una rica variedad de ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, lagunas) y hábitats que están física y biológicamente articulados por el flujo del agua y su régimen hidrológico. En el territorio los flujos de agua superficial y subterránea tienen una relación estrecha por lo que es necesario comprender y estudiar su dinámica de manera interrelacionada. El agua subterránea es una de las principales fuentes de suministro de agua para el consumo humano, siendo un elemento vital para los ecosistemas que depende de ella, como los humedales. En la Península de Yucatán, por su origen Kárstico, la única fuente de agua dulce se encuentra en el subsuelo, siendo los cenotes abiertos, aguadas, rejolladas, sartenejas y manantiales de gran importancia para la flora, fauna, así como de interés turístico y cultural. El objetivo de este trabajo es identificar un marco de funcionamiento conceptual de flujos locales con un enfoque de subcuenca Kárstica costera. Para la delimitación de subcuenca se consideró datos del Shuttle Radar Topography Mission para la clasificación de ríos libres en el mundo. Se instalaron sensores de presión en los cenotes Chen-Ha y Sabak-Ha durante 2017-2020 y con datos antecedentes se realizó una configuración de la configuración del Cl/HCO₃ como un indicador del impacto de intrusión salina, así como la configuración de la red de flujo subterránea de la red piezométrica de Conagua. En 2021 se inició un monitoreo local de norias (pozos artesanales), y registro de parámetros físico-químicos in-situ. En dos piezómetros profundos se realizó un perfil de conductividad, presión y temperatura (CTD). Los resultados muestran que existe un gradiente de salinidad superficial en donde la zona de manglares es la zona de transición agua-dulce agua salada, con presencia de lentes de menor salinidad en dunas costeras. El perfil CTD indica que la interfase a profundidad agua dulce-salada se localiza a 26 m de profundidad en Celestún y en Chunchumil un comportamiento escalonado con una primera interfase a los 18 m y otra a los 25m, siendo el piezómetro de Celestún el más cercano a la costa. Las series de tiempo presentan una variación estacional, con ascenso del nivel freático hasta de 3 m por efecto de una recarga extraordinaria como lo fue la Tormenta tropical Cristóbal en 2020. Lo anterior pone en evidencia que existe una dinámica hidrológica-hidrogeológica espacial y temporal compleja. Este trabajo contribuye a "Preservar la integridad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos" metas del Programa Hídrico regional 2020-2024 de la Península de Yucatán.

GEOH-28

MODELACIÓN DEL FLUJO DE AGUA EN SUELOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL

Pérez Márquez Alma Lorena¹, Morales Casique Eric¹, Hernández Martínez Lucero Jeanny² y Prado Pano Blanca Lucía¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

lorena.perezmq5@gmail.com

El Valle del Mezquital se ubica en la porción suroccidental del estado de Hidalgo y es ampliamente conocido por el uso de agua residual para riego desde hace más de 100 años. El agua residual proviene de la Zona Metropolitana del Valle de México y es transportada por medio del Gran Canal del Desagüe, el Interceptor Poniente y el Emisor Central. En su mayoría no recibe ningún tipo de tratamiento antes de ser aplicada en las zonas agrícolas, provocando la contaminación de suelos, plantas y acuíferos de la zona. El objetivo de este trabajo es la modelación del flujo de agua en un perfil de suelo en la parcela Frailes del Valle del Mezquital, previamente instrumentada por Hernández-Martínez (2018), mediante el código numérico HYDRUS-1D. El perfil de suelo consta de tres horizontes, una profundidad de 72 cm y un cultivo de avena recién sembrada al momento del monitoreo. La modelación del flujo de agua fue realizada a partir de los datos obtenidos in situ en la parcela durante un evento de riego en enero de 2012; la duración de la simulación es de 90 horas una vez iniciado el riego, debido a que es el tiempo en el que se observan cambios en la humedad y transformaciones en el suelo. El modelo que determina las propiedades hidráulicas del suelo se ha definido como un modelo de porosidad simple de van Genuchten-Mualem en el que no se considera histéresis. Una vez establecido el modelo inicial, se ajustaron la malla y la geometría del perfil, así como la calibración de los parámetros hidráulicos Ks, n y # de forma manual y automática, esta última mediante la solución inversa de HYDRUS-1D. El modelo de flujo obtenido refleja la tendencia observada por las mediciones in situ del flujo de agua a través del perfil de suelo, representando un buen ajuste de los parámetros, por lo que permitirá usarlo como base para la elaboración de un modelo de transporte.

GEOH-29

MODELO CRNN PARA EL MONITOREO Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN ÁREAS DE SISTEMAS ACUÍFEROS DE MÉXICO, EN FUNCIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS

Ramos Lora Aura¹, Moctezuma Ochoa Daniela Alejandra¹,
Ovando Vázquez Cesaré² y Peña Coronado Saúl³

¹Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, CenytroGEO

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY

³Servicio Geológico Mexicano, SGM

ralaua@gmail.com

El territorio mexicano está dividido en 653 acuíferos para su ordenamiento y gestión del recurso, los estudios técnicos están publicados en el sitio oficial de CONAGUA, refiriendo la disponibilidad media anual del agua subterránea. Sin embargo, estos estudios, aunque reflejan el estado de las áreas administradas, son escasos, no existen suficientes mediciones y parte de la información es discontinua en largos periodos de tiempo. De acuerdo con los especialistas para determinar la diferencia entre la recarga/descarga, es necesario realizar estudios estratigráficos, topográficos, electromagnéticos, registros geofísicos de gravimetría, geoquímica, hidrogeoquímica e isotopía de elementos, entre otros. (Tóth, 1970; Carrillo-Rivera y Cardona; 1997, 2012). Lo cual representa un alto costo, sin mencionar el modelo computacional; no existen aparatos en cantidad y recurso humano, suficientes para cubrir todo el territorio nacional. La incertidumbre que ocurre con los cálculos del agua subterránea, no impide sentir sus efectos. De acuerdo con las estadísticas de INEGI durante los últimos 70 años, la población en México ha crecido poco más de cuatro veces. Tan solo del 2010 al 2020, hubo un aumento de 14 millones de habitantes. Y con ello un incremento en el consumo de agua también para las actividades industriales, agrícolas y ganaderas. La creciente demanda de agua subterránea en el mundo ha llamado la atención de una comunidad interdisciplinaria a involucrarse, explorando nuevas tecnologías e incorporando áreas de oportunidad para estudiar los datos pasados y actuales. La propuesta de usar técnicas de ciencias de datos en los recursos hídricos inició en 1995 con el aprendizaje computacional y desde entonces su incursión va en aumento, sobre todo en aguas subterráneas del continente asiático. Los experimentos recientes que aplican el aprendizaje profundo a la simulación de lluvia y escorrentía indican que hay mucha más información en conjuntos de datos hidrológicos a gran escala que la que se ha podido traducir en teoría o modelos. (Charla magistral de DL, Pronóstico de inund 2020Google.) La tecnología de teleobservación ha demostrado ser una herramienta útil en la observación y vigilancia mundial, además un auxiliar para subsanar la falta de datos en campo. Tanto su resolución como su captura ha aumentado de acuerdo a los avances tecnológicos. Por lo que la ciencia del clima y del agua son de los dominios más abundantes de datos en términos de las 3 "v" del Big Data: volumen, variedad y velocidad. Fortaleza y requisito indispensable para los modelos de redes neuronales. Este proyecto de investigación propone usar un modelo RCNN para integrar observaciones del sitio y variables climáticas de sensores remotos que estime y pronostique a mediano plazo el GWS (Volumen de agua subterránea) en diferentes áreas geográficas de los sistemas acuíferos de México, bajo condiciones climáticas e hidrogeológicas distintas. Las redes neuronales recurrentes convolucionales son la combinación de dos de las redes neuronales más destacadas. Mientras que las redes neuronales convolucionales nos ayudan a extraer características relevantes de los datos en formato imagen, las redes neuronales recurrentes tomarán en cuenta la información del pasado para hacer predicciones.

GEOH-30

MODELO CONCEPTUAL DE UN ACUÍFERO KÁRSTICO EMPLEANDO EL USO DE MÉTODOS HIDROGEOLÓGICOS, GEOFÍSICOS, HIDROGEOQUÍMICOS Y DE ISÓTOPOS AMBIENTALES: SITIO RAMSAR CIÉNEGA DE CABEZAS EN LA HUASTECA POTOSINA

Ortiz Enriquez Octavio¹, González Sánchez Heriberto¹, Alonso Torres Sócrates², Alfaro de la Torre María Catalina³ y Cardona Benavides Antonio⁴

¹Programa de Maestría en Tecnología y Gestión del Agua, Facultad de Ingeniería, UASLP

²Posgrado en Ingeniería de Minerales, Facultad de Ingeniería, Instituto de Metalurgia, USLP

³Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Químicas, UASLP

⁴Departamento de Ciencias de La Tierra, Facultad de Ingeniería, UASLP

a332919@alumnos.uaslp.mx

El humedal Ciénega de Cabezas se localiza en el Este de México en la región Huasteca, dentro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí caracterizada por exhibir una compleja geometría geológica. En la región predominan las elevadas precipitaciones con un clima tropical que facilitan el desarrollo de cultivos de caña y ganadería como principales actividades económicas. Múltiples descargas de agua subterránea difusas y localizadas soportan esta frágil área, son provenientes de un acuífero kárstico constituido de calizas Cretácicas de la Formación Tamasopo y descargan hacia un extenso polje estructural relleno por material aluvial de hasta 50 m de espesor limitado por fallas normales post-orogénicas. La investigación en esta ocasión se llevó a cabo en un periodo entre el 2018 al 2020 y engloba una selección de indicadores geoquímicos (elementos mayores, menores y traza), evolución de parámetros fisicoquímicos e índices de saturación, así como isótopos

ambientales. La composición química de referencia es controlada por una mezcla de aguas subterráneas y su interacción con rocas carbonatadas, las aguas de los manantiales son alcalinas (HCO₃-Ca y SO₄-Ca) en equilibrio con calcita y bajo saturadas en yeso y dolomita con marcadas variaciones estacionales para estos parámetros, así mismo las variaciones de NO₃ sugieren el impacto de fuentes de contaminación difusa derivadas de la agricultura principalmente. Adicionalmente se muestran evidencias de los flujos difusos y flujos por conducto presentes en este acuífero kárstico mediante una comparación estacional de valores de conductividad eléctrica y temperatura de los principales manantiales perennes, así como valores de precipitación mensual. Un refinamiento de la línea meteórica local y valores de #18O y #2H de agua de lluvia indican que los procesos son dominados por condiciones de flujos rápidos a lo largo de los rasgos kársticos de la zona. La investigación demuestra que los flujos subterráneos que alimentan al humedal son de una trayectoria relativamente corta y originados en las depresiones kársticas contenidas en montañas y lomeríos circundantes, exponiendo a que las descargas naturales sean vulnerables al cambio de uso de suelo producido por las actividades económicas.

GEOH-31 CARTEL

ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI) Y SU IMPLICACIÓN CON EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA ZONA METROPOLITANA DE BAHÍA BANDERAS

Santos Urosa Kenny Gavino

Universidad de Guadalajara, UdeG

santoskenny1@gmail.com

México ha sufrido en los últimos 12 años, dos de sus mayores sequías ocurridas en los años 2011 y 2021, según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). En tal sentido se hace necesario evidenciar que la sequía es uno de los fenómenos hidrometeorológicos más severos, la cual puede estar relacionada a la disminución de las precipitaciones en una determinada región. El estudio de la Sequía mediante el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) por sus siglas en inglés, es una herramienta utilizada para su evaluación que permite comprender, caracterizar y anticipar las consecuencias de este fenómeno en las distintas áreas geográficas que puedan ser afectadas. En esta investigación se ha sido seleccionado como área de estudio la Zona Metropolitana de Bahía Banderas, en el Estado de Jalisco, por diversas razones como el turismo, el aumento de su población que genera un aumento de la demanda del recurso hídrico y la falta de investigaciones en el área de estudio que ayuden a ponderar el estrés hídrico en esta importante región. El objetivo es calcular y analizar el SPI y su implicación con el estrés hídrico en la Zona Metropolitana de Bahía Banderas. El método utilizado es de acuerdo a la que señala la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que considera al (SPI) como un índice universal de sequía que proporciona estimaciones confiables sobre la intensidad, magnitud y extensión espacial de las sequías, en una variedad de escalas de tiempo basadas en series de precipitación a largo plazo. Se realizó a partir de los datos de diez estaciones meteorológicas de la red de monitoreo atmosférico existentes en el área de estudio y de series histórica de la red de CONAGUA – SMN, las cuales cuentan con datos correspondientes a una escala de tiempo de 20 años. Esta información permitirá determinar un patrón de ocurrencia de periodos secos y húmedos en la Zona Metropolitana de Bahía Banderas.

GEOH-32 CARTEL

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LA REGIÓN DEL BAJÍO ENTRE SALAMANCA Y CELAYA

Villalón Rodríguez Patricia Sarai¹, Morán Ramírez Janete²,
Ramos Leal José Alfredo¹ y Almanza Tovar Oscar Gpe.³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY

²Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería en el Área Civil, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

patricia.villalon@ipicyt.edu.mx

El área comprendida de Salamanca a Celaya se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas Mesa Central y Eje Neovolcánico. Los acuíferos que abarca el área de estudio son los acuíferos administrativos de Salamanca y Valle de Celaya, se encuentran en estado de sobreexplotación debido a las actividades agrícolas, industriales y uso doméstico. Los acuíferos presentan problemas de calidad del agua para consumo humano, diversos autores han reportado límites permisibles superiores a los establecidos en la NOM 127 para la calidad del agua potable. Esta contaminación se asocia a los sistemas de fallas, fosas y columnas tectónicas en los que se encuentran almacenados. En este trabajo se usaron herramientas hidrogeoquímicas para determinar los tipos de familias de agua Na-HCO₃ y Ca-Mg-HCO₃, se identificaron procesos como interacción agua-roca, intercambio iónico, mezclas se identificó zonas de mayor contaminación por Nitratos. El flujo subterráneo proviene del norte de Celaya, a través del Río la Laja y una vez en el valle se dirige hacia Salamanca. Debido a esto, el agua subterránea más evolucionada se encuentra en Salamanca.

GEOH-33 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA SORCIÓN DE ARSÉNICO EN ROCA CALIZA EMPLEADA PARA FILTRAR AGUA SUBTERRÁNEA

Sosa Islas Antonio Salvador¹, Armienta Hernández María Aurora², Loredo Portales René³, Aguayo Ríos Alejandra³ y Cruz Ronquillo Olivia³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, Departamento de Ciencias Ambientales
cepa_64@hotmail.com

El presente trabajo expone los resultados de la caracterización de los mecanismos de sorción de arsénico en calcita y las especies químicas formadas en este mineral, que es el principal componente de filtros empacados con roca caliza para el tratamiento de agua subterránea en columnas experimentales. El estudio se realizó empleando una técnica de alta resolución con radiación de luz sincrotrón; específicamente la espectroscopía de absorción de rayos X (X-ray absorption spectroscopy, XAS). Con esta técnica, se obtuvo información sobre el entorno químico local del arsénico y calcio, su estado de valencia, simetría y distancias de enlace. Las muestras de roca caliza se midieron en el borde-K para arsénico y calcio. Para el análisis de datos, se utilizó el programa de cómputo ATHENA: XAS Data Processing y Artemis: EXAFS Data Analysis using Feff with Larch or Iffeffit, con lo que se identificaron las principales especies químicas de estos elementos presentes en las muestras y se caracterizaron los entornos de coordinación local del arsénico. Las muestras analizadas, rocas calizas pertenecientes a la Formación Soyatal del Cretácico Superior, son los residuos sólidos de experimentos en columna para la remoción de arsénico en coexistencia con alguno de los siguientes iones: fluoruro, cloruro, sulfato y bicarbonato. Se empleó un estándar de referencia, el cual fue sintetizado en el laboratorio mediante una prueba en lote, utilizando CaCO₃ (grado reactivo) con una solución de arsénico de 300 ppm. Los resultados principales, indican que el As(V) es la especie presente en la roca caliza posterior a los experimentos de remoción al no sufrir un proceso de reducción. El arsénico se retiene en la roca, específicamente en la calcita, principalmente (>90%) mediante: (1) adsorción, formando complejos superficiales de esfera interna que comparten esquina, y (2) coprecipitación, la unidad AsO₄ se sustituye en el sitio del carbonato. Este tipo de adsorción, a saber, la quimisorción, de los iones adsorbidos específicamente, tiene por lo general una duración a largo plazo. Por su parte, en la coprecipitación, al estar incorporado el contaminante en la fase huésped, puede considerarse inmovilizado, al menos hasta la disolución de dicha fase. Todo esto, implica que, la instauración de filtros caseros con roca caliza, promete ser una metodología efectiva para la remoción de arsénico (As) presente en aguas subterráneas. Se agradece el apoyo de la DGAPA (Proyecto PAPIIT IN106121) para la realización de estos estudios.

GEOH-34 CARTEL

DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO NOROESTE DE YUCATÁN CON BASE EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

González Ramírez Beatriz, Pacheco Castro Roger Benito y Salles Afonso de Almeida Paulo
Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Unidad Académica, Instituto de Ingeniería, UNAM Sisal
bgonzalezr@ingen.unam.mx

El área comprendida alrededor de Sisal, Hunucmá, Sierra Papacal y Chuburná del estado de Yucatán cuenta con un acuífero kárstico confinado que tiene una delgada capa de agua fresca. Esto lo hace vulnerable a intrusión salina y extracciones desmedidas por la demanda asociada a urbanización y cambio climático. El municipio de Hunucmá empieza a dinamizar su economía, ya que empresas realizan millonarias inversiones creando la zona industrial en el corredor Sisal-Umán (López-Ceballos, 2020). Esto implica, aumento en la cantidad de población e incremento en la demanda de servicios, incluido el agua potable, tanto para la población como para la industria. Además, Sisal acaba de ser nombrado pueblo mágico, lo que ha incrementado el arribo de turistas. Lo anterior hace pertinente la realización del estudio de disponibilidad de agua en esa parte del acuífero de Yucatán. Basado en estudios previos (Canul-Macario 2020) se genera un modelo numérico tridimensional en SEAWAT para describir el espesor de agua dulce y así poder estudiar la disponibilidad y sus afectaciones por efecto del cambio climático. Las condiciones de frontera se obtienen de un modelo regional y los datos para la calibración del Observatorio Costero Sisal del LANRESC (OCSE 2022). Con respecto al cambio climático, se manejó un modelo de circulación general CNRMCM5 y dos trayectorias de concentración representativas RCP45 y RCP85. Las dos trayectorias para un futuro cercano (al 2039), un futuro medio (2045-2069) y uno lejano (2075-2099). Esto para tener una visión general de la disponibilidad de agua en esta parte del acuífero bajo un mismo modelo. Los datos se obtuvieron del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. La disponibilidad de agua se calculó usando la metodología de la CONAGUA. Los resultados muestran una disminución en la disponibilidad de agua que van del 45% al 70% de la disponibilidad actual. La disponibilidad de agua dulce se reduce considerablemente, dando un panorama desalentador. Estos resultados debieran motivar a trabajar en la propuesta de planes para mitigación o adaptación a esta situación. Referencias OCSE (2022). Red de monitoreo del acuífero costero al noroeste del Estado de Yucatán Observatorio Costero Del Sureste (OCSE). <http://ocse.mx/es/experimento/geohidrologia>

GEOH-35 CARTEL

COMPORTAMIENTO HIDROGEOQUÍMICO DEL BA, B, RB Y SR EN UN ACUÍFERO URBANO LOCALIZADO EN EL CENTRO DE MÉXICO: IMPLICACIONES AMBIENTALES

Morales Arredondo José Iván¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Morton Bermea Ofelia¹, Cuellar Ramírez Elisa² y Ortega Gutierrez Joel Edmundo³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²BUAP

³Instituto Politécnico Nacional

ivanma@geofisica.unam.mx

El uso intensivo del Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (AMZMC) ha incrementado las concentraciones de algunos elementos traza debido a fuentes naturales o antropogénicas, como la liberación de elementos de la mezcla heterogénea de las rocas volcánicas y/o depósitos aluviales de arcilla, que juegan un papel hidrogeológico muy importante en el comportamiento del acuífero. Este estudio caracteriza, examina y compara las concentraciones de Ba, B, Sr y Rb en algunos pozos del AMZMC. La caracterización de los elementos principales y la concentración de Ba, B, Sr y su comportamiento en el acuífero, y algunas relaciones iónicas se han utilizado para identificar los procesos hidrogeoquímicos y las diferentes fuentes de Rb, Ba, B, Sr en el agua, en los que la alteración mineral intercambio iónico, reacciones redox son los procesos dominantes, y pueden intensificarse a medida que aumenta la salinidad, la temperatura y la temperatura y la fuerza iónica del medio. Esta información puede ser indirectamente relevante como contribución al desarrollo de estrategias adecuadas de gestión del agua en la Ciudad de México. Además de proporcionar nuevos datos sobre la distribución y el comportamiento del Rb, Ba, B, Sr en el agua subterránea del Acuífero de la Ciudad de México, que se utiliza para el suministro de agua potable.

GEOH-36 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA HIDRODINÁMICA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR DZILAM DE BRAVO, YUCATÁN, MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y VARIACIONES ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Mora Ortiz Teresita de Jesús¹, Salles Paulo¹, Herrera-Silveira Jorge² y Torres-Freyermuth Alec¹

¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida
tmora@ingen.unam.mx

Las zonas costeras son cada vez más importantes para la población humana en todo el mundo. Los procesos de urbanización producen directa o indirectamente muchos de los estresores (por ejemplo, intercepción e interrupción del flujo de agua y sedimentos, descargas no reguladas, etc.) que afectan a la resiliencia en las zonas costeras, lo cual a su vez puede traducirse en pérdidas de hábitat y de funciones ecológicas e hidrológicas fundamentales, aumento de la contaminación, eutrofización, hasta potencialmente llegar al colapso del sistema costero. En particular, las variaciones en estructura y función de las comunidades vegetales (tan fundamentales para el equilibrio costero) se relacionan con la disponibilidad de recursos reguladores y gradientes hidrológicos de forma multiescalar (Rodríguez-Rodríguez et al, 2016; Godoy et al, 2015). Estos estresores también pueden reducir la resiliencia de los manglares ante la tensión adicional del aumento relativo del nivel del mar y otros cambios climáticos (Hernández Melchor et al, 2017; Rodríguez-Ramírez et al, 2004; Rico-Gray et al, 1996). La distribución de los manglares, consecuentemente, va a depender en gran medida del intervalo de las mareas, del declive topográfico y de la salinidad del agua y suelo (Flores Verdugo et al., 2007). La frecuencia y el periodo de las inundaciones son factores determinantes para la ausencia o presencia de las distintas especies de manglar. El conocimiento de la microtopografía de los humedales permite determinar la distribución de los diferentes tipos de humedales, las áreas potenciales de restauración, así como la ampliación o creación de nuevas áreas para determinadas especies. La salinidad, como previamente se mencionó, ayudará también a explicar los patrones de distribución vegetal que son fundamentales en la restauración de humedales costeros (Cárdenas Del Ángel, 2014; Comín, 2014). Esta investigación propone categorizar los principales patrones hidrometeorológicos del ecosistema costero Dzilam de Bravo mediante el análisis estadístico de variables ambientales, tomando en cuenta posibles variaciones asociadas al cambio climático (sequías, inundaciones, nortes y tormentas) y su vulnerabilidad ante procesos antropogénicos en la zona, en particular (para esta presentación) accesos viales y terraplenes. Lo anterior es necesario para poder contribuir a la identificación, diseño y establecimiento de escenarios favorables para el desarrollo de bosques de manglar en un entorno hidrológico en equilibrio.

GEOH-37 CARTEL

HIDROLOGÍA ISOTÓPICA HISTÓRICA DE LA CUENCA DE MEXICO DURANTE 5 DÉCADAS

Cortés Silva Alejandra, Pérez Quezadas Juan y Hernández Hernández Mario Alberto
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 tuzacortesilva@gmail.com

La Cuenca endorreica de México es un graben hidrológicamente cerrado, que dio origen a un sistema de 5 lagos, recargados a través de las montañas circundantes por un sistema hidrográfico constituido principalmente por 47 ríos. Históricamente se menciona que había cientos de manantiales perenes de agua dulce que algunos aún existen. Se utilizaron los isótopos estables de oxígeno-18 y deuterio; (#18O, #2H) en la zona urbana de la Cuenca de México. Con el fin de observar las variaciones durante los procesos de recarga al agua subterránea a través de un enfoque histórico y regional con el objetivo de identificar los patrones de comportamiento utilizando 847 parejas isotópicas recopiladas de diferentes fuentes de investigación de 1974 a 2020 A estos patrones históricos se le integraron 38 valores isotópicos actuales, con el fin de corroborar que estos reproducirán los patrones históricos, así como zonas de recarga y zonas de baja calidad. Estos resultados han servido, entre otros usos, para fortalecer la reformulación del modelo conceptual de la Cuenca de México.

GEOH-38 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE JUÁREZ EN LA ZONA URBANA DE CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA, A PARTIR DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL DE REGISTROS VERTICALES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE POZOS

Monarrez Aguilar Alexandra¹, Gómez Ávila Marianggy Del Carmen¹, Rascón Mendoza Ezequiel^{1,2}, Gómez Domínguez Francisco Javier² y Alvarado Soto Sergio¹
¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ
²Junta Municipal de Agua y Saneamiento JMÁS Juárez
 alexandra.monarrez11@gmail.com

El agua potable es un recurso fundamental para la vida y también un derecho humano. En Ciudad Juárez, Chihuahua, la población se abastece de agua principalmente del acuífero Valle de Juárez, mismo que en su porción norte abarca la zona urbana de la zona de estudio. Sin embargo, este acuífero ha sido y continúa siendo sobreexplotado, lo cual convierte al agua de este acuífero en un recurso no renovable en el corto y mediano plazo. Además, presenta altas salinidades, relacionadas a los sólidos disueltos totales en el agua que sobrepasa, en algunas zonas, el límite estipulado por la NOM-127-SSA1-1994. Debido a la demanda y la importancia del agua para el consumo humano e industrial de la ciudad, se realizó un modelo tridimensional para aproximar la cantidad y calidad de agua en el acuífero Valle de Juárez con base en la medición de conductividad eléctrica y la obtención de sólidos disueltos totales. Este proyecto se basó en un estudio previo realizado por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez. La metodología consiste en cuatro divisiones principales: recopilación de datos, toma de datos en campo, procesamiento de datos y el cálculo de volumen de agua. Se recopiló un total de 66 registros de pozos de agua en la mancha urbana tomando en cuenta la relación entre profundidad y sólidos disueltos totales, además de otros 14 pozos con datos de pruebas de bombeo. La etapa de campo consiste en la toma de datos en pozos, utilizando la sonda PS-D8 y el adquisidor KLL-Q2 se obtuvieron datos de otros 22 pozos en la zona urbana, sumando un total de 88 pozos con datos que relacionan la profundidad y sólidos disueltos totales. De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 y los datos obtenidos, el 54.54% de los pozos sobrepasan el límite permitido de sólidos disueltos totales. Se realizó un modelo tridimensional, en Voxler 4, con base en los sólidos disueltos totales y se calculó el volumen de agua que sobrepasa el límite permitido utilizando el método de interpolación de distancia inversa. Al valor del volumen se le realizó un ajuste con una constante de porosidad del medio obtenida con el software Visual Two Zone Model con los datos recopilados de pruebas de bombeo. Con esto, se obtuvo que 14,540,793,554.972 m³ de agua son potabilizables y 20,770,405,557.5 m³ de agua no pueden ser potabilizados. Finalmente, se aproximaron los años de vida de agua potabilizable en Ciudad Juárez utilizando una metodología descrita por la CONAGUA para calcular el cambio de almacenamiento en el acuífero y relacionarlo con la cantidad de agua potabilizable, resultando en 166.125 años de vida. Sin embargo, se debe considerar una sobreestimación del volumen debido a limitaciones del software utilizado para el modelo tridimensional y la obtención de la porosidad por medio de pruebas de bombeo en lugar de columnas litológicas. Palabras clave: Acuífero Valle de Juárez, sólidos disueltos totales, modelo tridimensional, estimación de volúmen

GEOH-39 CARTEL

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE MANANTIALES TERMALES LOCALIZADOS EN LA REGIÓN DE BAHÍA DE BANDERAS

Cruz López Harlen Irene¹, Rodríguez Uribe María Carolina² y Carrillo González Fátima Maciel²
¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Maestría en Ciencias en Geofísica
²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Departamento de Ciencias Exactas
 cruzl.harlen@gmail.com

Los manantiales termales han sido escenario de aprovechamiento humano desde hace siglos, actualmente se conoce que su ubicación y características están ligadas a procesos geotectónicos. México es un país con una amplia experiencia en la explotación y exploración de recursos geotérmicos dentro de su territorio, cabe mencionar a la primera planta geotérmica instalada en nuestro país en 1959, en Pathé, Hidalgo y, hoy en día las cinco plantas en funcionamiento, además cuenta con censos de anomalías geotérmicas por entidad y localidad. La región de Bahía de Banderas presenta varios sistemas de fallas geológicas, un ambiente tectónico activo, y, además, anomalías geotérmicas, ya que forma parte del Graben de Puerto Vallarta, el cual tiene interacción con el Graben de Tepic-Zacoalco y el Graben de Colima, pues se encuentra dentro del Bloque de Jalisco, donde la Placa de Rivera subduce con la Placa de Cocos y la Placa Norteamericana. Nuestro estudio contempló ocho sitios en los municipios que conforman la región de estudio. El objetivo de este trabajo fue la caracterización física de los manantiales termales en la región de Bahía de Banderas. Los parámetros físicos fueron tomados in situ, se utilizó una sonda multiparamétrica YSI Pro1030, donde se reportaron temperaturas con rangos de 31 a 89 °C, pH 6.7 a 9, salinidad máxima de 0.6 ppt y conductividad máxima de 1.861 mS/cm. Encontramos que seis sitios son de baja temperatura y dos de alta temperatura, y que siete sitios presentaron descargas alcalinas, mientras que solamente uno tuvo descargas ligeramente ácidas. Se hace hincapié en la importancia de futuras campañas de exploración en el área de "El Molote", Mesillas, Nayarit, donde actualmente se cuenta con un aprovechamiento ecoturístico pero recientes publicaciones proponen este sitio como un sitio de mediana entalpía, apto para la generación de energía eléctrica y uso directo. Palabras clave: descargas alcalinas, litología, lineamientos, gradiente geotérmico, Bloque de Jalisco.

GEOH-40 CARTEL

ANÁLISIS DE LA DEPENDENCIA ENTRE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE LA CUENCA DE MÉXICO, CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE MÉXICO

Revueltas José Eduardo¹, Herrera Zamarrón Graciela² y Morales Arredondo José Iván²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNAM
 jrevueltasm@igeofisica.unam.mx

En las últimas décadas la expansión del área urbana en el valle de México ha provocado cambios continuos en el uso del suelo y el aumento en la extracción del agua subterránea para abastecer la creciente demanda, esto ha provocado cambios en los patrones de flujo del agua subterránea y en su composición hidrogeoquímica. En el presente estudio se analizaron datos de calidad del agua medidos en pozos de captación correspondientes al periodo de 2000 – 2017 y se identificación patrones de dependencia entre parámetros de calidad del agua en diferentes alcaldías en la Ciudad de México. La dependencia entre los parámetros analizados y la distribución de los pozos permitieron hacer inferencias de los procesos hidrogeoquímicos que sufre el agua subterránea y las posibles fuentes de sulfato, nitrato, nitrógeno amoniacal, cloruro y boro. Se observó en algunas zonas un incremento común entre nitratos y sulfatos que podría estar relacionado con incorporación de agua contaminada, una relación entre cloruro y boro que indicaría agua con una mayor evolución hidrogeoquímica y el aumento del nitrógeno amoniacal con el contenido de boro y cloruro lo que podría evidenciar la mezcla de agua subterránea de unidades hidrogeológicas profundas con aguas residuales. Los resultados obtenidos pueden contribuir a generar estrategias para la prevención de la contaminación del agua subterránea en Ciudad de México.

GEOH-41 CARTEL

ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO EN LA PORCIÓN SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS

Velasco Lindero Miguel Angel, Hernández Hernández Mario Alberto y Herrera Zamarrón Graciela
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mvelascol@igeofisica.unam.mx

Derivado de la sobreexplotación de los acuíferos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (AZMCM), de Texcoco y Chalco-Amecameca, se han generado una serie de problemas como la profundización y abatimiento del nivel freático, junto con el hundimiento del terreno, esto último asociado a la compactación del acuitardo (conformado por una capa de materiales arcillosos de alta plasticidad), que sobreyace al actual acuífero en explotación. En este trabajo se analiza la distribución espacial del nivel piezométrico para los años 2000, 2005, 2012, 2014 y 2017,

mediante kriging ordinario. Por otra parte, al utilizar la elevación del terreno como deriva externa, se evalúa si parte de la variación del nivel piezométrico se explica por la altura del terreno. Los resultados geoestadísticos muestran que la inclusión de la elevación del terreno ayuda a suavizar la varianza de la estimación, lo que es útil en lugares alejados de los puntos de observación piezométrica, comúnmente en zonas de pie de monte o entre zonas con puntos de observación muy alejados entre sí (zonas lacustres).

GEOH-42 CARTEL

METODOLOGÍA Y APLICACIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA, GUANAJUATO

Beltrán Martínez Beatriz Coral¹, Loza Aguirre Isidro², Li Yanmei², Ángeles Moreno Edgar², Miranda Avilés Raúl² y Hernández Anguiano Jesús Horacio³

¹Maestría en Ciencias del Agua, División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

²Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

³Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

bc.beltranmartinez@ugto.mx

La Cuenca Alta del Río Laja, también conocida como Cuenca de la Independencia se ubica al noreste del estado de Guanajuato, abarca los municipios de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Doctor Mora - San José Iturbide, en un área de aproximadamente 6,840 km². Desde hace años, en esta cuenca se han reportado problemas derivados de la sobreexplotación de los acuíferos, entre ellos y uno de los más importantes, es la presencia de cantidades tóxicas de arsénico y flúor en el agua extraída de dichos acuíferos, causando graves problemas de salud en la población de esta zona. Dicha contaminación es conocida como contaminación geogénica pues deriva de la interacción entre roca, aire y agua, bajo la influencia de factores como sobreexplotación de acuíferos, tiempo de residencia del agua en ellos, composición de las rocas que lo conforman, presencia flujos geotermales y existencia de fallas que permitan el ascenso de dichos flujos, algunos elementos de las rocas y sedimentos que componen el acuífero pueden ser liberados hacia el agua. De este modo, la calidad del agua subterránea puede depender de las características litológicas y estructurales del acuífero y hace necesario tener un conocimiento detallado de la geología y estructura superficial y subterránea de la cuenca. Como parte de la tesis "Estructura y Geología de la Cuenca Alta del Río Laja y su Influencia en la Presencia de Arsénico y Flúor en Agua Subterránea", se construye un modelo hidrogeológico conceptual a partir de análisis litológicos, estructurales y geocronológicos nuevos, así como datos hidrogeológicos y geofísicos preexistentes. En este trabajo se presenta la metodología seguida para la construcción del modelo y un resultado preliminar de dicha modelación en el software Leapfrog Geo, se hablará de como un modelo conceptual es capaz de integrar información de varias disciplinas, así como de proporcionar diferentes interpretaciones, en este caso su objetivo será describir la influencia de la geología y estructura de la Cuenca Alta del Río Laja en la presencia de contaminación por arsénico y flúor en ciertas zonas de la cuenca, además de proporcionar un antecedente importante para trabajar en la detección oportuna de zonas propensas a tener este tipo de contaminación y mejorar el manejo del recurso hídrico. Financiamiento: proyecto 175/2022, Convocatoria Institucional de Investigación Científica (CIIC) 2022, Universidad de Guanajuato.

GEOH-43 CARTEL

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE FLUJO SUBTERRÁNEO PARA LA GESTIÓN DEL ACUÍFERO DE ZIMAPÁN, HIDALGO

Sereno Leon Naiche Geronimo¹, Hernández Hernández Mario Alberto² y Hernández García Guillermo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Cátedra CONACYT, Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

bldrvr.seln-fi@comunidad.unam.mx

El acuífero de Zimapán (2394.6 km²) se encuentra ubicado en los estados de Hidalgo, en la región sur oriental de San Luis Potosí y una pequeña parte oriental de Querétaro. Desde el punto de vista hidrográfico, la zona de estudio se ubica en la Región Hidrológica XI, de acuerdo con CONAGUA; más específicamente, en la cuenca del Río Moctezuma y pequeñas porciones de las cuencas de los ríos Amajac, Tula y Extaraz. Los principales usos del agua subterránea son de uso agrícola con 32%, industrial 7%, público y servicios 4%, pecuario 0.5%, doméstico 0.38% y el 56% de la extracción no se especifica, de acuerdo con los registros del REPD. El interés principal del presente trabajo consiste en proponer y construir un modelo de flujo subterráneo en régimen estacionario, discretizado en diferencias finitas y evaluado con el código de MODFLOW 2005 en el entorno de Processing Modflow. Para tal objetivo se hizo un reconocimiento documental de las principales características físicas y sociales de la región. Esta información se expresó mediante mapas temáticos, tales como: Registro Público de Derechos de Agua (REPD), mapa político, mapa hidrográfico, mapa geológico, mapa hidrogeológico, distribución de variables climáticas (temperatura, precipitación y evapotranspiración) y de espesores de las unidades hidroestratigráficas consideradas. Se destaca durante

el desarrollo del modelo que tanto en la recopilación como en el procesamiento y la generación de datos se realizó por métodos geoestadísticos, requiriendo el uso de software libre como QGIS (sistema de información geográfica) y el análisis y tratamiento de datos en Python.

GEOH-44 CARTEL

HUELLA HÍDRICA DEL ARÁNDANO EN AGRICULTURA PROTEGIDA COMO HERRAMIENTA PARA LA SUSTENTABILIDAD HIDROLÓGICA Y TERRITORIAL EN MICHOACÁN

Barrales Martínez David Ariel

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

0829764k@umich.mx

La disponibilidad del agua dulce del planeta está disminuyendo en varias regiones. A partir de este contexto, surge la necesidad de medir la huella hídrica con el fin de mostrar el impacto humano sobre los recursos globales de agua dulce y que permita generar una base de conocimiento útil en el diseño de estrategias de gestión del agua más eficientes. La huella hídrica (HH) es un indicador de la apropiación por el hombre de los recursos hídricos y puede ser medida apartir del volumen de agua utilizada en la producción de un bien o servicio. Los componentes de la HH pueden dividirse en agua verde (precipitación), agua azul (irrigación), y agua gris (volumen de agua requerido para medir un contaminante). Para el año 2100 se estima que la exportación mundial de aguas subterráneas para producir alimentos cultivados se concentrará en las regiones de Estados Unidos, México, Oeste de Sudamérica y África del Norte. En nuestro país se estima que el 73 % de la huella hídrica total es producto de las actividades agrícolas. El objetivo del presente estudio es estimar la huella hídrica en la producción del arándano en condiciones de hidroponía con el fin de analizar el impacto de la producción del cultivo de arándano bajo agricultura plástica en los recursos hídricos del estado de Michoacán. Se realizarán muestreos en sitios representativos productores de arándano del estado de Michoacán. Se medirá el volumen de agua de riego y del escurrimiento y la concentración de nitratos.

GEOH-45 CARTEL

ANÁLISIS GEOESPACIAL DE LAS FUENTES CONTAMINANTES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA COMARCA LAGUNERA, NORTE DE MÉXICO

Hernández Jesús, Salinas Jasso Jorge Alán, Garza Alanis Diana Angelina, Jiménez Sánchez Liz-Ek Miriam, Medina Ramírez Elian Mauricio y Barrón Hernández María de la Luz

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

jesus.hernandez@uanl.edu.mx

Se presenta un análisis geoespacial de las fuentes contaminantes de agua subterránea en la Comarca Lagunera, en los límites de los estados de Coahuila y Durango para los últimos 10 años (2012-2022). Los factores detonantes de estos contaminantes recaen principalmente sobre la agricultura, empresas metalúrgicas, químicas y en menor medida a procesos naturales. El estudio se efectuó mediante la recopilación de datos hidrogeoquímicos publicados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para las principales fuentes de abastecimiento del recurso hídrico en el área de estudio. Existen diversos compuestos que afectan esta zona tales como arsénico (As), calcio (Ca), nitrato (NO₃), hierro (Fe), plomo (Pb), entre otros. La base de datos se filtró de acuerdo a la mayor concentración de contaminantes con altos índices en la región de estudio. La información fue procesada en un sistema de información geográfica (SIG) donde se realizaron interpolaciones geoespaciales con el fin de identificar la distribución de los principales contaminantes en el flujo subterráneo. Con base en los resultados obtenidos, se presentan mapas locales con los principales focos de contaminación para arsénico entre otros constituyentes. Se aprecia que en la zona occidental del área de estudio se encuentran las mayores concentraciones de contaminantes químicos en el agua subterránea, relacionado principalmente con la intensa actividad agrícola e industrial de la región. Estos valores son superiores a los límites permisivos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizador
Javier Arellano

GP-1

SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL CÁLCULO DE LA TORTUOSIDAD EN LA ALFOMBRA DE SIERPINSKI

García Muñoz Christian Omar, Soto Villalobos Roberto, Méndez Delgado Sónenes, Vázquez Zarate Elsy Lizbeth, Briones Carrillo Jorge Alberto, Soto Rocha María Valentina Iréndira, Walle García Otoniel y Aguilar Madera Carlos Gilberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
omar.garciamnz@uanl.edu.mx

La tortuosidad es un parámetro importante para la descripción del flujo de fluidos en medios porosos, y se ha demostrado que los medios porosos en la naturaleza tienen características fractales. La alfombra de Sierpinski es un fractal exactamente similar a sí mismo, que a sido utilizado para simular medios porosos fractales. En el presente trabajo se ha diseñado un autómata celular para el cálculo de la tortuosidad de la alfombra de Sierpinski. Para este fractal se ha calculado la tortuosidad de forma analítica y con otras aproximaciones. El resultado de este diseño de autómata ha sido excelentes aproximaciones a los resultados analíticos. A partir de ello se calculan otras tortuosidades de fractales que no tienen hasta ahora, respuestas analíticas. Se encuentra un buen acuerdo entre las predicciones del presente modelo y las de las correlaciones disponibles. El presente modelo puede tener potencial en el análisis de las propiedades de transporte en otros medios porosos.

GP-2

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN YACIMIENTOS SILICICLÁSTICOS A PARTIR DEL USO DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO PARA LA DEFINICIÓN DE UN MODELO SEDIMENTARIO EN EL ESTADO DE ALASKA, ESTADOS UNIDOS

Sánchez Fernández Paulina¹ y Osorio Santiago Erick²
¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
²PEMEX
paupausf30@gmail.com

La geología del norte de Alaska es muy compleja debido a los distintos eventos tectónicos que han afectado, sin embargo, de forma general, se caracteriza principalmente por contener secuencias de arenas y minerales arcillosos con una mínima contribución de carbonatos. Por lo cual, se examina cada una de las formaciones por separado, para posteriormente realizar una correlación entre el marco geológico y los modelos petrofísicos generados. Los registros geofísicos de pozo constituyen una parte fundamental durante la perforación de un pozo petrolero, ya que permitirá determinar propiedades petrofísicas de las rocas. En este trabajo, de forma particular se realizó la evaluación petrofísica determinística y probabilística de los registros geofísicos de pozos de un campo tipo Wildcat, con prospectibilidad en formaciones siliciclasticas, así como la definición y clasificación de electrofacies mediante el uso de inteligencia artificial. Los pozos considerados cuentan con el set de registros geofísicos convencionales de Resistividad, Rayos Gamma, Neutrón, Densidad, y Sónico, además se cuenta con núcleos con información de petrofísica básica, el cual se utilizaron para la calibración de los modelos aplicados. Con el análisis de los resultados se proponen intervalos de interés, un volumen de hidrocarburos a nivel de pozo y una conceptualización inicial del modelo sedimentario que apoyaría para analizar las direcciones de los flujos.

GP-3

EVALUACIÓN DE SURFACTANTES CATIÓNICO Y ANIÓNICO PARA REDUCIR LA TENSIÓN INTERFACIAL EN ROCAS ANÁLOGAS DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC

Finol González Ana Teresa¹, Aguilar Madera Carlos Gilberto², Matías Pérez Víctor², Jenchen Uwe², Flores Cano José Valente², Flores Vivían Ismael³ y Ocampo Pérez Raúl⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

²Facultad Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

³Facultad de Ingeniería Civil, UANL

⁴Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
afinol77@gmail.com

Los surfactantes han sido extensamente estudiados teórica y experimentalmente desde hace varias décadas y en diferentes aplicaciones de procesos industriales

como: detergentes, emulsificadores, dispersantes, humectantes, espumantes, y otros usos. Como método de recuperación mejorada de petróleo, el interés versa en su aplicación como método químico para incrementar y/u optimizar la producción en yacimientos en etapa madura, y en yacimientos no convencionales. El presente estudio se enfoca en rocas análogas de los afloramientos Amaxac y Chicontepec, pertenecientes a la Formación Chicontepec, ubicados al noroeste del Paleocanal Chicontepec. Dicha formación está presente en el yacimiento Chicontepec, categorizado como no convencional por su heterogeneidad y compactación, y de gran importancia energética al contener el 40% de hidrocarburos de reserva en territorio mexicano. Se realizaron análisis fisicoquímicos del medio poroso con la finalidad de evaluar la respuesta en condición natural con el uso de soluciones que contengan agentes tensoactivos de superficie, como punto de referencia. Los surfactantes probados fueron bromuro hexadeciltrimetilamonio (CTAB en inglés, catiónico) y dodecilsulfato sódico (SDS en inglés, aniónico), los cuales son compuestos iónicos de uso industrial, disponibles y accesibles desde el punto de vista económico. Se analizaron su capacidad y desempeño en concentraciones bajas y moderadamente altas (0.01 a 0.5% p/p), mezclados en salmueras de distinta salinidad y electrolito. Se midió la mojabilidad inicial de la roca y el efecto de los surfactantes mediante el método de ángulo de contacto. Los métodos de gota colocada y gota colgante fueron empleados para determinar la tensión interfacial (con sus siglas en inglés, IFT) inicial y la modificada por los surfactantes. Los valores más bajos de ángulo de contacto fueron 106° en CTAB a 0.01% p/p con salmuera a 9.25 g/L NaCl, y 108° en SDS a 0.01% p/p con salmuera a 20 g/L NaCl. La mayor disminución de IFT fue 0.813 dina/cm en CTAB a 0.5% p/p con salmuera a 5 g/L KCl. Con estos resultados se orientarán las futuras pruebas de desplazamiento como simulación de recuperación mejorada de petróleo y ofrecer una solución alternativa para las rocas de este tipo de yacimientos.

GP-4

¿QUE TAN PERMEABLES SON LAS ARENISCAS? RELACIÓN ENTRE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD EN ARENISCAS DEL CRETÁCICO TARDÍO: UN ANÁLISIS PETROFÍSICO INTEGRAL

Hernández Villa Federico III y Dávila Harris Pablo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
federicohv3@gmail.com

Las areniscas representan litologías de gran interés en diversas aplicaciones geológicas, por ejemplo: acuíferos, yacimientos de hidrocarburos, y recientemente almacenamiento de CO₂. Existe una amplia diversidad de estudios de las características litológicas, petrográficas y sedimentológicas de estas rocas en México, sin embargo, es poco el acervo accesible, de información petrofísica de areniscas. Por esta razón, se buscó caracterizar las propiedades petrofísicas de tres unidades clásticas del Cretácico correspondiente a las formaciones Cárdenas, Caracol y Mezcala. Se identificaron afloramientos de estas tres formaciones al oriente de San Luis Potosí y Querétaro, donde se recolectaron 27 muestras de 7 localidades, de las cuales se realizaron láminas delgadas para petrografía y cilindros para petrofísica básica, así como cubos menores a 1cm³ para un análisis de microscopía electrónica de barrido (MEB). Las muestras fueron analizadas en un Porosímetro de Helio (CoreTest PHI 220) y en un Permeámetro automatizado (CoreTest AP 608). Se distinguieron siete facies principales: Arenisca, Arenisca Calcárea, Arenisca feldespática (?), Arenisca micrítica, Arenisca micrítica con fósiles de esparita, Cuarzo arenita y Cuarzo arenita con fósiles de esparita. Se determinaron propiedades petrofísicas como: porosidad efectiva, permeabilidad al aire, permeabilidad corregida, densidad de grano, volumen poroso y volumen de grano, además de composición elemental. Los valores de porosidad van de 2.9% a 15.9%, mientras que los de permeabilidad oscilan entre 0.00 y 1.16 mD (muy bajos). Estas propiedades marcan interacciones que reflejan los conceptos físicos que afectan a las rocas, por ejemplo, los cambios en la porosidad en muestras que fueron sometidas a diferentes presiones puede deberse a muchos factores, además de puramente litológicos, también a compactación de la roca y compresibilidad del medio poroso. Los grados de separación que se observan cuando se grafican propiedades como densidad de grano, volumen poroso y volumen de grano, permiten observar que facies están más relacionadas entre sí, además de observar si las formaciones poseen comportamientos similares. Los resultados de porosidad contra permeabilidad en escala semilogarítmica permiten no solamente priorizar rocas de mayor interés que otras, sino además se observa la diferencia que existe en muestras que son ortogonales entre sí o que tienen diferentes posiciones de muestreo, aunque sean de la misma formación o facies. En las imágenes de MEB

se observó el contacto entre la matriz y los clastos, rasgo que aparentemente afecta las propiedades de porosidad y permeabilidad. Con los datos de composición elemental (EDS) se determinó la composición semi-cuantitativa de la matriz, lo que permite inferir algunos factores que afectan el flujo de fluidos de la roca, por ejemplo, la presencia de carbonato amorfo en matriz rellenando espacios. En general los resultados obtenidos presentan porosidades y permeabilidades menores a las esperadas en areniscas compactadas, resultados que al contrastarse con otros estudios, no son tan distantes.

GP-5

MODELADO 1D DEL SISTEMA PETROLERO DE LA CUENCA DE SABINAS AL NORESTE DE MÉXICO

Leiva Jesus Raymundo, Lucas Christian y Romo Keven

Universidad Autónoma de Coahuila, UAdC

jesusleiva@uadec.edu.mx

RESUMEN En la última década, la geología petrolera en México ha evolucionado de manera sorprendente, ha pasado de ser una ciencia aplicada de forma cualitativa, a ser en la actualidad, una ciencia aplicada de manera cuantitativa para la exploración de hidrocarburos. Mediante el análisis de cuencas y modelado de sistemas petroleros caracterizamos y determinamos los modelos de evolución de los elementos (roca generadora, almacenadora y sello) y los procesos de los sistemas petroleros en cuencas sedimentarias, mediante la validación, interpretación, integración, calibración y modelado de datos. La importancia de estas técnicas se centra en la reducción del riesgo e incertidumbre en el proceso de incorporación de reservas, evaluación de los recursos potenciales de HCO, determinación del marco geotectónico regional, evaluación regional del potencial de recursos in situ, entre muchas otras aplicaciones. Este trabajo se enfoca en realizar una caracterización del sistema petrolero del noreste de la Cuenca de Sabinas, con el objetivo de analizar su potencial petrolífero. El ejercicio involucra además el análisis de la evolución de la cuenca sedimentaria, se trabajó con información geológica, geoquímica y paleontológica de 5 pozos exploratorios dentro del campo Merced. A partir de los datos suministrados se realizó una base de datos para poder migrar la información al software PetroMod, de esta forma se obtuvieron, diagramas de soterramiento, variación de temperatura, zona de hidrocarburos y la carta de eventos de la cuenca, que permitió construir el diagrama de sincronía del sistema petrolero asignado para cada uno de los pozos. De esta forma se obtuvo información relevante para demostrar el potencial petrolífero de la formación La Peña, unidad siliciclástica-carbonatada con altos contenidos de materia orgánica dispersa, así mismo se podrá contribuir a construir su génesis a lo largo de la historia de sepultamiento y la localización de oportunidades petroleras en la región noreste de la Cuenca de Sabinas.

GP-6

INTERPRETACIÓN DE TRAMPAS PETROLERAS ASOCIADAS A DIAPIROS DE ARCILLAS EN LA CUENCA DE BURGOS

Atempa Ana

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

anatem_21@hotmail.com

Se realizó un trabajo de interpretación sísmica para contribuir a la caracterización estructural de las secuencias observadas en un cubo sísmico que abarca una superficie de 102 km² ubicado en el noreste de la Planicie Costera del Golfo de México. La interpretación se basó en el análisis de la amplitud de la onda de algunas de las superficies de reflexión, que brindaron las bases para determinar Indicadores Directos de Hidrocarburos; además se integraron mapas gravimétricos y magnetométricos para identificar y mapear anomalías del campo terrestre útiles en la interpretación sísmica. La información geofísica muestra que hay una intrusión diapírica que es consistente con las grandes anomalías detectadas en superficie con los mapas gravimétrico y magnetométrico. El análisis tectónico y estratigráfico de la región indica que las secuencias sedimentarias se depositaron en ambientes deltaicos, y que posteriormente se deformarían dando como resultado estructuras diapíricas de arcillas; se estudió su origen y se describen sus principales características que se relacionan con el sistema petrolero de la región, la perforación de los pozos y su relación con la producción de hidrocarburos. Se observa que además de las trampas comunes en la zona asociadas a pliegues anticlinales de tipo roll-over o cierres contra falla; los domos arcillosos también en algunos casos forman trampas importantes dentro de la cuenca con gran potencial pues propician condiciones para varias configuraciones de trampa que posteriormente se describen en términos de profundidad, espesor y forma estructural. Los datos actuales de producción reportados en la cuenca y los campos aledaños indican que se produce gas.

GP-7

ESTUDIO PETROFÍSICO DE ARENISCAS SEDIMENTARIAS QUE AFLORAN EN LA CUENCA DE BURGOS, NORESTE DE MÉXICO

Briones Carrillo Jorge Alberto¹, Aguilar-Madera Carlos Gilberto¹, Matias Pérez Victor¹, Flores-Cano José Valente² y Molina-Espinoza Lázaro²¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL²UANL

jorge.brionescr@uanl.edu.mx

Los estudios de los parámetros petrofísicos de las rocas sedimentarias detríticas se centran comúnmente en expresiones semi-analíticas propuestas en la literatura, que pretenden probar la conexión que existe entre la porosidad y la tortuosidad (Latief & Fauzi, 2012). Las conexiones que existen entre la porosidad, la tortuosidad, la conformación y dimensión de las partículas y en enfoques más actuales, longitudes características de la zona porosa, tienen que ver con la permeabilidad; interés que está basado fundamentalmente en el análisis de depósitos de rocas sedimentarias enlazados con la industria del petróleo. En este poster, se presenta una metodología para calcular la porosidad de areniscas sedimentarias detríticas provenientes de la formación Laredo de edad Paleógeno (Eguiluz de Antuñaño 2011), ubicada al noreste de México en la cuenca de Burgos, región geológica perteneciente a la planicie costera del Golfo de México, donde a partir de núcleos, de manera experimental con el uso de un porosímetro-permeámetro se estima la porosidad en el laboratorio de petrofísica, posteriormente se elaboran láminas delgadas para obtener micrografías que son analizadas con un algoritmo de computadora de desarrollo propio, con rutinas escritas en el lenguaje de programación R, el cual estima la porosidad de manera numérica a través de técnicas computacionales basadas en autómatas celulares para simular partículas que hacen su recorrido de manera aleatoria a través del medio poroso. Los resultados obtenidos son comparados con resultados experimentales de laboratorio. La propuesta en esta estudio representa una contribución complementaria a las técnicas que actualmente se utilizan para estimar estos parámetros, es de bajo costo y se utilizará principalmente software bajo Licencia Pública General (GPL).

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizadores

Juan Contreras
Luca Ferrari

GET-1

SLOW SLIP EVENTS ON ACTIVE LA VENTA-CHACALAPA FAULT SYSTEM (SOUTHERN MEXICO)Kostoglodov Vladimir¹, Kazachkina Ekaterina¹, Cruz-Atienza Víctor Manuel¹ y Husker Allen²¹Instituto de Geofísica, UNAM²California Institute of Technology, Seismological Laboratory
vladi@unam.mx

La Venta-Chacalapa left lateral fault system (LVC) is a border between the main body of the North America tectonic plate (NA) and so-called Xolapa sliver located in the South of Guerrero and Oaxaca states of Mexico. Seismic data and long-term GPS observations clearly show a present-day activity of the LVC (Kazachkina et al., 2019, 2020). The Xolapa sliver is moving to SE with respect to (wrt) the NA with an average rate of ~5 mm/year as a consequence of the oblique subduction between Cocos and NA plates. New observations unveil transient episodes of crustal slow slip events (cSSE) on the LVC. These cSSE are incited by large subduction thrust slow slip events (tSSE) developing on the interface between the Cocos and North America tectonic plates. Periodically happening tSSE gradually reduces the normal stress on certain segments of the LVC, so this decreases the friction there and inspires the cSSE. Furthermore, along trench, SE component of Xolapa velocities consistently develops with a clear time lag wrt the trench normal component. This observation is in favor of the 'Rate and State Friction' behavior of the LVC (e.g., Boettcher and Marone, 2004). Reference: Boettcher, M.S., and Marone, C., 2004. Effects of normal stress variation on the strength and stability of creeping faults, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109. doi: 10.1029/2003JB002824. DeMets, C., Gordon, R.G., and Argus, D.F., 2010. Geologically current plate motions, *Geophysical Journal International*, 181, 1-80. Kazachkina, E., V. Kostoglodov, A. Husker, and N. Cotte (2019), Activity of crustal faults and the Xolapa sliver motion in Guerrero-Oaxaca forearc of Mexico, from seismic data, *Earth, Planets and Space*, 71(1), 104, doi:10.1186/s40623-019-1084-9. Kazachkina, E., Kostoglodov, V., Cotte, N., Walpersdorf, A., Ramirez-Herrera, M.T., Gaidzik, K., Husker, A., and Santiago, J.A., 2020. Active 650-km Long Fault System and Xolapa Sliver in Southern Mexico, *Frontiers in Earth Science*, 8, 155. doi: 10.3389/feart.2020.00155. References: Boettcher, M.S., and Marone, C., 2004. Effects of normal stress variation on the strength and stability of creeping faults, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109. doi: 10.1029/2003JB002824. DeMets, C., Gordon, R.G., and Argus, D.F., 2010. Geologically current plate motions, *Geophysical Journal International*, 181, 1-80. doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04491.x Kazachkina, E., V. Kostoglodov, A. Husker, and N. Cotte (2019), Activity of crustal faults and the Xolapa sliver motion in Guerrero-Oaxaca forearc of Mexico, from seismic data, *Earth, Planets and Space*, 71(1), 104, doi:10.1186/s40623-019-1084-9. Kazachkina, E., Kostoglodov, V., Cotte, N., Walpersdorf, A., Ramirez-Herrera, M.T., Gaidzik, K., Husker, A., and Santiago, J.A., 2020. Active 650-km Long Fault System and Xolapa Sliver in Southern Mexico, *Frontiers in Earth Science*, 8, 155. doi: 10.3389/feart.2020.00155.

GET-2

LA ZONA DE CIZALLA MOTOZINTLA: ESTRUCTURA Y CARTOGRAFÍA DE UNA CICATRIZ TECTÓNICA REACTIVADA, EN EL LÍMITE NORTE DEL COMPLEJO MACIZO DE CHIAPASAlbarrán Santos Marco Albán¹, Fitz Díaz Elisa¹, Ramos-Arias Mario Alfredo², Vidal-Reyes María Isabel¹ y Hernández-Vergara Rogelio¹¹Instituto de Geología, UNAM²Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, IPN
maalbarrans@ciencias.unam.mx

El área de Motozintla de Mendoza, en la frontera de Chiapas con Guatemala, registra una historia compleja de deformación desde el Neoproterozoico hasta el presente. La deformación parece estar influenciada por fallas regionales antiguas localizadas dentro y en el borde del complejo ígneo y metamórfico del macizo de Chiapas. Este estudio presenta los primeros resultados de la cartografía, el análisis estructural y microestructural de una de las cicatrices tectónicas más grandes de México: la zona de cizalla Motozintla (ZCM). La ZCM es una zona de deformación con orientación NW-SE, de 1-3 km de ancho y ~30 km de longitud desde la ciudad de Motozintla, ubicada sobre el límite norte del complejo macizo de Chiapas. A escala kilométrica, produce la mezcla de escamas tectónicas de

bloques del macizo y de las formaciones sedimentarias paleozoicas de Chiapas: Santa Rosa, Gruperá y posiblemente Paso Hondo. A escala mesoscópica su deformación se caracteriza por una foliación por cizalla (C1), la cual delinea una fábrica de bloque en matriz en la cual las litologías más competentes se encuentran abudinas o formando lentes sigmoidales subparalelos a la foliación. La C1 tiene una orientación NW-SE subvertical con variaciones locales de inclinación (40°-90°) y localmente está plegada por un clivaje de planos kink conjugados (S2) de escala métrica en las litologías de grano más fino. La deformación a escala de grano está definida por planos anastomosados de acumulación de material insoluble; neofoliación de mica blanca, clorita y calcita en las sombras de distorsión de clastos y fósiles; estructuras de flecos (fringe structures) de cuarzo y clorita alrededor de minerales opacos; así como vetas de calcita extensionales con fibras paralelas a la lineación sobre los planos de C1. Los mecanismos de deformación, así como la paragénesis de la fábrica, sugieren que la deformación ocurrió a bajo grado metamórfico (facies de esquistos verdes) y fue asistida por fluidos. Los indicadores cinemáticos presentan baja asimetría y frecuentemente se observan cinemáticas tanto dextral como sinistral en una misma litología, lo cual sugiere que predomina la deformación coaxial sobre la cizalla simple. La localización de la ZCM al SW del cinturón de pliegues y cabalgaduras de Chicomuselo, el paralelismo de sus estructuras de acortamiento, así como el incremento paulatino de la deformación de norte a sur, sugieren que su actividad está relacionada con la formación del cinturón en el Pérmico-Triásico. Además de sus dimensiones, el hecho de que la geometría de las cuencas jurásicas desarrolladas por arriba de estas estructuras parece subordinarse a este límite tectónico y que presenta evidencias de reactivación como: 1) sobreposición de microestructuras dextrales ante microestructuras sinistralas, 2) fallamiento E-W a lo largo de los contactos entre las escamas tectónicas y 3) reorientación de la C1 en la vecindad de fallas E-W, sugieren que la ZCM es una estructura litosférica que ha jugado un papel importante en la tectónica del sureste de Chiapas, como la apertura del Golfo de México en el jurásico y la localización actual de la falla Polochic.

GET-3

GEOCRONOLOGÍA DE U-PB EN CALCITA: FECHAMIENTO DE LA DEFORMACIÓN FRÁGIL DEL CINTURÓN PLEGADO DE CHICOMUSELO, SE DE MÉXICOPalacios-García Norma Betania¹, Fitz Díaz Elisa¹, Stockli Lisa² y Stockli Daniel²¹Instituto de Geología, UNAM²Dept. of Geological Sciences, The University of Texas at Austin
palacios.betania@gmail.com

La geocronología "in situ" de U-Pb con LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), es un método que en los últimos 10 años ha revolucionado la datación de la calcita. Gracias a la ubicuidad de la calcita y a que ésta es compatible químicamente con el ion uranilo, pueden incorporarse hasta 10 ppm de U en su estructura cristalina. Esto la hace un geocronómetro potente para usarse en diversos escenarios tectónicos. Asimismo, la calcita es un marcador sensible para entender diagénesis, interacción fluido-roca, flujo de fluidos y fracturamiento; por lo tanto, es un excelente mineral para fechar la deformación frágil, como es el caso de Cinturones de Pliegues y Cabalgaduras. Además, la datación "in situ" de U-Pb en calcita, brinda la posibilidad de analizar diferentes texturas de cementos individuales, lo que vuelve a este método adecuado para delimitar la historia diagenética y de deformación frágil, con errores en un rango de 2-3% (2#). En este trabajo nosotros utilizamos por primera vez en México el método "in situ" de U-Pb en calcita para fechar la deformación frágil en un Cinturón Plegado antiguo y poco estudiado: el Cinturón Plegado de Chicomuselo (CPCh), localizado en Chiapas, al sureste de México. Se fecharon diversos cementos de calcita en bioclastos, matriz de roca encajonante, vetas tectónicas relacionadas con pliegues y fallas, y vetas delgadas complejas desarrolladas en capas de caliza Pérmica de la Fm. Paso Hondo. Nuestros datos muestran evidencia de la efectividad, sensibilidad, alta resolución espacial y temporal de este método de datación. Con esto, se restringió el tiempo y descifró la historia progresiva de la deformación frágil impresa en las rocas del Cinturón Plegado de Chicomuselo. Se fecharon 14 muestras de 6 sitios de interés ubicados en el flanco SW del Anticlinorio de Chicomuselo. Se obtuvieron ~60 edades confiables, que se agrupan en 5 intervalos: (1) 290-260 Ma, (2) 260-220 Ma, (3) 210-170 Ma, (4) 170-130 Ma, y (5) 17-5 Ma, los cuales están asociados con (i) el depósito y diagénesis temprana de los carbonatos pérmicos, (ii) el acortamiento del CPCh, (iii) la extensión relacionada con la ruptura temprana de Pangea, (iv) fallas locales aparentemente relacionadas con la apertura del Golfo

de México, y (v) la actividad del sistema de fallas de Polochic, respectivamente. Estos resultados demuestran que la calcita es un marcador resistente y confiable de la historia de deformación frágil impresa en caliza y dolomía, teniendo mayor sensibilidad y resolución con respecto a otros métodos para datar la deformación, tales como Ar-Ar en illita o el U-Th/He en hematita, por mencionar algunos.

GET-4

ANÁLISIS DE FRACTURAS GEOLÓGICAS RELACIONADAS CON LA FALLA TUXTLA-MALPASO EN LA REGIÓN DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Vásquez Serrano Alberto¹, Sampayo Rodríguez María Fernanda², Fitz Díaz Elisa³ y Tolson Gustavo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Colegio de Geofísica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

³Instituto de Geología, UNAM

alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

Las fracturas extensionales (T) son un grupo de fracturas comunes asociadas con las fallas laterales cuya distribución, arreglo, cantidad y geometría son poco entendidas, a pesar de ser estructuras habituales en ambientes de transcurrencia. Se presenta un estudio de fracturas tipo T asociadas con la falla Tuxtla-Malpasos en el transecto entre la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas, Chiapas. En esta zona afloran rocas calcáreas del Cretácico, las cuales se encuentran afectadas por fracturas extensionales (T), fracturas de cizalla (tipo Riedel) e híbridas relacionadas con una historia compleja de la falla Tuxtla-Malpasos. Utilizamos una base de datos robusta del espaciado y apertura para calcular el exponente de frecuencia acumulada (CF-sp), dimensión de caja (D-box), dimensión de correlación (D-corr), exponente de Lyapunov (Ly-exp) y el coeficiente de variación (Cv), con el fin de analizar el arreglo y distribución de las fracturas. Estos parámetros fueron complementados con el análisis de grupos de fracturas mediante el método de suma de correlación normalizada (SCN). Asimismo, se aplicó el método de Kuiper (Vs') para conocer la distribución de la deformación en el volumen de roca afectado. Nuestros resultados sugieren que existen dos familias de fracturas extensionales (T), las cuales afectan a las rocas calcáreas del área de estudio. Las fracturas T1 tienen un rumbo preferencial NNE-SSW, asociadas con una cinemática lateral derecha para la falla Tuxtla-Malpasos. Mientras que la segunda familia T2 corta a la familia T1 y tiene un rumbo ENE-WSW. Las fracturas T2 se relacionan con una cinemática lateral izquierda para la misma falla. Los valores promedio de los parámetros calculados (para T1: CF-sp=0.23; D-box=0.81; D-corr=0.37; Ly-exp=1.59; Cv=1.28, y para T2: CF-sp=0.53; D-box=0.73; D-corr=0.49; Ly-exp=1.30; Cv=0.9) se relacionan con la agrupación de fracturas para la familia T1, y con una distribución aleatoria (anti-agrupación) para la familia T2. El análisis de SCN muestra que todas las fracturas tienen una distribución aleatoria en al menos 3 órdenes de escala, mientras que los valores de Vs' sugieren que la distribución de la deformación es heterogénea para T1 y T2. Dicha deformación por extensión es de 0.73 % para T1 y 3.34 % para T2. El aumento en el grado de agrupamiento de las fracturas T2 con la escala, es contrario a la observado en sistemas de fracturas extensionales asociadas con fallas normales, donde el grado de agrupamiento disminuye con la escala, lo cual sugiere que la cinemática de las fallas kilométricas determina el arreglo y distribución de las fracturas extensionales. Así mismo, nuestro estudio demuestra que a escala de metros a cientos de metros la formación de corredores (grupos de fracturas), son la vía más importante para flujo de fluidos en zonas de fallamiento lateral.

GET-5

DETECTING LARAMIDE SENSU LATO (MEXICAN OROGENY) IN SOUTHERN MEXICO BY MEANS OF APATITE FISSION-TRACK THERMOCHRONOLOGY

Abdullin Fanis¹, Solari Luigi Augusto², Maldonado Roberto³, Solé Jesús³ y Ortega-Obregón Carlos³

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

fanis@geociencias.unam.mx

In this study, we present apatite fission-track results obtained for ten rock samples collected from three different areas across the Sierra Madre del Sur, Southern Mexico. The objective of our study is the timing of the exhumation event that took place in Southern Mexico during the Late Cretaceous-Paleogene. The thermochronometric data obtained during this work indicate that a Late Cretaceous-Eocene cooling is recorded within the Sierra Madre del Sur and this is interpreted as resulting from exhumation, an orogenic event which is contemporaneous with Laramide sensu lato (or the Mexican Orogeny). The fission-track ages become younger from west to east across the Sierra Madre del Sur, whereas the cooling rates increased in the same direction approximately during the Campanian-middle Eocene. In our view, the activity of the major fault systems of Southern Mexico, such as the Caltepec and the Oaxaca faults, played the most important role in the development of geological structures and the exhumation of the Sierra Madre del Sur. Active magmatism during the evolution of the Mexican Orogen implicates the subducted Farallon slab as the main driver of crustal thickening. Moreover, the possible influence of the eastward movement of the Chortis Block on the deformation of the Sierra Madre del Sur cannot be ruled out.

GET-6

LA FALLA CHACALAPA Y EL LÍMITE NORTE DEL COMPLEJO XOLAPA: RECONFIGURACIÓN TECTÓNICA Y LA PRESENCIA DE UN COMPLEJO PALEOZOICO EN LAS INMEDIACIONES DE PUERTO ESCONDIDO, OAXACA

García Rodríguez Hermes Martín, García Hernández Samantha Yahel, Morán Zenteno Dante Jaime, Martiny Kramer Barbara Mary y Tolson Jones Gustavo

Instituto de Geología, UNAM

hermesp4r@hotmail.com

En la margen continental de Oaxaca, en el sur de México, el Sistema de falla Chacalapa (SFC) se manifiesta en evidentes y discontinuos lineamientos geomorfológicos que se orientan de forma semi paralela a la costa y a la actual trinchera. El SFC se extiende hacia el oeste hasta la región de Jamiltepec. Se compone de zonas de cizalla cristal-plásticas a las que se le sobreimpone deformación frágil, desplegándose ambas en arreglos anastomosados y subdividiéndose localmente en las fallas Chacalapa Norte, Chacalapa y Chacalapa Sur. Estas estructuras poseen una cinemática predominantemente sinistral, cuya deformación alcanzó facies de anfibolita y que, tradicionalmente, se consideran como el contacto tectónico discontinuo entre los terrenos Xolapa y Oaxaqueño. Sin embargo, los fechamientos U-Pb en circon realizados en la región de Puerto Escondido, sugieren la presencia de un ensamble cristalino paleozoico conformado por rocas metasedimentarias, migmatitas y metagranitos intrusivos por plutones pérmicos e incluso carboníferos. Este ensamble se extiende hacia el sur del Sistema de Falla Chacalapa Norte, hasta un contacto con el Complejo Xolapa que restringe a este último a una delgada franja adyacente a la costa. Hacia el este y oeste existe también evidencia de la presencia de rocas paleozoicas en localidades distantes como el Paso de la Reina y San José Chacalapa. Se propone que este ensamble paleozoico pueda tratarse de una extensión hacia el suroeste del Complejo Juchatengo, en donde también se han reportado unidades migmatíticas paleozoicas intrusivas por plutones pérmicos, acompañadas de suites de afinidad oceánica. Esta interpretación está reforzada por el reciente descubrimiento de rocas máficas y ultramáficas en el área de San Andrés Copala, al noroeste de Puerto Escondido.

GET-7

ACTIVE TECTONICS IN THE GULF OF TEHUANTEPEC: EVIDENCE OF SUBMARINE LANDSLIDES AND SUBDUCTION EROSION

Aguilar Diego Armando¹, Mortera Carlos², Bandy William², Berndt Christian³, Ponce Francisco⁴, Pérez Daniel², Real Jorge², Millán Carmen⁵ y Huerta Tania¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Geomar, Kiel

⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁵LUCO, UNAM

diegoaaa@igeofisica.unam.mx

El sismo intraplaca ocurrido en el Golfo de Tehuantepec el 7 de septiembre del 2017 despertó la curiosidad geocientífica debido a su naturaleza, la generación de un tsunami y la ocurrencia de miles de réplicas. Sin embargo, esta zona del sur de México ha sido poco estudiada, por lo que entre mayo y junio del 2019 fue realizada la expedición oceanográfica TEHUANTEPEC19 a bordo del B/O El Puma, donde se obtuvieron datos batimétricos, magnéticos y perfiles sísmicos de alta resolución. También, fueron procesados algunos perfiles sísmicos multicanal de campañas oceanográficas previas en las instalaciones del LUCO-UNAM y GEOMAR-Kiel. Los resultados muestran diversos procesos sedimentológicos en la región, pero de particular interés, rasgos morfológicos asociados con la ocurrencia de deslizamientos submarinos. Otras características geológicas como la subsidencia y extensión del forearc, la ocurrencia de deslizamientos en el talud, la gran cantidad de fallas normales y la subducción de la Dorsal de Tehuantepec sugieren que en el sur de México domina el proceso de erosión por subducción. Este proceso tectónico podría estar relacionado con el origen y dinámica del Arco Volcánico Chiapaneco así como con la reactivación y/o creación de fallas en el forearc.

GET-8

THE HISTORICAL SEISMICITY OF THE PUEBLA-TLAXCALA REGION (TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT) DURING EARLY NOVOHISPANIC TIMES (A.D. 1542–1740) AND THE STRUCTURE OF THE TLAXCALA-HUAMANTLA HALF-GRABEN

Suter Max

Vogesenstrasse 16, D-79639 Grenzach-Wyhlen, Alemania

sutermax@alumnibasel.ch

This presentation of earthquake intensity observations during early novohispanic times (A.D. 1542–1740) in the Puebla-Tlaxcala region is mostly based on Nahuatl-language historical annals and chronicles and includes a descriptive earthquake catalog for this period (Seismol. Res. Lett. 93, 296–314, 2022). Earthquake ground-shaking in the study area, located within the active volcanic arc

crossing central Mexico, can result from intraslab normal faulting in the subducted Cocos plate, subduction interface thrust earthquakes, motion on the faults of the intra-arc Tlaxcala-Huamantla half-graben, as well as extension accommodated through magmatic injection. Most of the historical sources describe earthquakes felt only locally and sometimes report prolonged sequences of shocks, which is indicative of magmatic dike-induced earthquakes or else resulted from motion on the faults of the Tlaxcala-Huamantla half-graben. However, the present information is too limited to permit further interpretation of these local observations. The Tlaxcala-Huamantla half-graben, ~70 km long and 15-20 km wide, is the only major tectonic depression in the eastern part of the trans-Mexican volcanic belt. It is filled by a volcano-sedimentary sequence, up to 400 m thick, of unknown but likely Pliocene age. The half-graben is bound in the north by an east-west striking and south-dipping normal fault system, which is morphologically most pronounced near the town of Tlaxcala where the footwall uplift reaches a maximum of 350 m. The fault array is likely to be active; it cuts Quaternary Totolque volcano into halves and vertically displaces it. The shorter, east-west-striking and south-dipping Tetlatlahuca normal fault, ~19 km long, passes within the half-graben where it displaces the lacustrine basin fill. It forms a footwall scarp with a topographic relief of ~150 m, which is back-tilted some few degrees. The triangular facets of the footwall scarp and its pronounced linear base are indicative of young fault activity. Intraslab earthquakes occur to the south of the volcanic arc within the subducted Cocos plate at a depth of #40–80 km and involve normal faulting. During the twentieth century, intraslab earthquakes occurred in this region on average about every 10 to 15 years, and their moment magnitudes ranged between 6.2 and 7.2. The two largest historical shocks documented in this study, on 7 May 1582 and 16 August 1711, which were destructive over the entire Puebla-Tlaxcala region, likely had such an intraslab source and a magnitude #7.2. The damage caused by these two extreme events has implications for the seismic groundshaking hazard of this region. Its seismic zonation and hazard estimates, which currently are solely based on information from the instrumental period, should be reassessed.

GET-9

TECTÓNICA Y VULCANISMO EN EL GRABEN DE SANTA ROSA, ESTADOS DE SAN LUIS POTOSÍ Y GUANAJUATO

Torres Hernández José Ramón¹, Soto García
Angela Griselda² y Torres Sánchez Sonia Alejandra³

¹Instituto de Geología, UASLP

²Posgrado en Geología Aplicada, Facultad de Ingeniería, UASLP

³Facultad de Ingeniería, UASLP

jrtores@uaslp.mx

El Graben de Santa Rosa es una depresión tectónica desarrollada durante el Oligoceno Medio, ligada al proceso de extensión que ocurrió en la Provincia de "Basin and Range" en una amplia zona del oeste y parte central de México. El estudio a detalle escala 1: 20 000 de esta estructura ha permitido documentar que la tectónica y el vulcanismo contenido en el bloque subsidente estuvieron ligados, y que al menos en dos interrupciones del proceso, se depositaron sedimentos. Dos nuevas dataciones U/Pb en zircones, documentan que el proceso estuvo activo desde los 32 Ma., y que quizás se prolongó hasta los 27 Ma., lo que le daría, en su etapa final, una historia compartida con el Graben de Bledos; esto queda pendiente por definir con nuevas dataciones de las unidades volcánicas más jóvenes contenidas en el graben. La primera etapa estuvo marcada por vulcanismo de composición riolítica (ignimbritas Santa María, traquita Ojo Caliente, latita Portezuelo), y en la segunda etapa, alternaron unidades de composición riolítica y basáltica (Ignimbritas Panalillo Inferior y Superior, y Basalto), evidenciando un proceso de vulcanismo bimodal. Ambas etapas ocurrieron en un proceso de subsidencia escalonado, evidenciado por fallas en la parte norte de la estructura, y diques alimentadores de las unidades posteriores a la ignimbrita Santa María que afloran en la parte NW del área de estudio, emplazados en dichas fallas. Son dos sistemas de fallamiento dominantes (orientación NW-SE y NE-SW), este último se asume como más joven, porque corta al primero, lo cual es sobre todo documentado en la parte NW del área mapeada. Una etapa de reacomodo tardío en el interior del graben que generó una depresión tectónica discreta permitió la acumulación de material fluvio-lacustre de probable edad Plioceno-Pleistoceno, lo cual sugiere una posible reactivación de fallas, que pudieran conectar con patrones heredados de discontinuidades del basamento, tal como han sugerido otros autores.

GET-10

ANÁLISIS DE LA CUENCA DE SAN BLAS, A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ESPECTROS DE POTENCIA PROMEDIADOS RADIALMENTE, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL BASAMENTO

Camacho Miguel¹ y Álvarez Román²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²IIMAS-UNAM

miguelcamacho.geofisica@gmail.com

La cuenca de San Blas, es una cuenca poco estudiada que se encuentra situada en la zona limítrofe de la Placa Norteamericana y la Placa Rivera, colindando a su vez hacia el SE con el Bloque de Jalisco. De la cuenca de San Blas no se tiene una delimitación exacta, y su geometría no está bien definida; además, existen pocos registros geofísicos que puedan delimitar su geometría a lo largo y ancho

de sus dimensiones. En este estudio utilizamos el método de espectro de potencia promediado radialmente (EPPR) para delimitar la geometría de dicha cuenca a través de datos gravimétricos satelitales y datos magnéticos. Fue necesario utilizar diferentes tamaños de ventanas (25 km, 20 km, 15 km), a fin de discriminar con mayor eficiencia la profundidad de mayor contraste entre el basamento y lecho sedimentario. Para los datos gravimétricos utilizamos la corrección propuesta por Hince et al., (2013), la cual ofrece una mejor respuesta. Los datos gravimétricos usados para este estudio son del modelo de datos EIGEN-6C4, el cual es un modelo de datos gravimétricos combinado de datos terrestres, aerotransportados, marinos y satelitales; que además posee la mayor resolución espacial (~1 km) y espectral para datos con una cobertura global en una distribución uniformemente espaciada. Los datos magnéticos del NA_MAG (Magnetic Anomaly Maps and Data for North America) son también un modelo combinado de datos terrestres, aerotransportados y marinos, disponibles solo para Norteamérica, con una distribución que para la ventana de trabajo es uniformemente espaciada y que cuentan con una resolución de 1 x 1 km. Para corroborar las profundidades obtenidas a través de los espectros de potencia, se utilizaron diversos registros geofísicos disponibles en zonas puntuales como: secciones sísmicas, perfiles de Werner, inversión gravimétrica 3D. Finalmente, a través de los datos de espectros de potencia, logramos trazar una geometría, la cual se propone como el basamento cristalino de la cuenca de San Blas.

GET-11

HISTORIA TECTÓNICA DEL BLOQUE DE LOS CABOS Y DE LA FALLA SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Gutiérrez Rodrigo¹, Ferrari Luca¹, Orozco Esquivel
María Teresa¹, Abdullin Fani¹ y Stockli Daniel²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Jackson School of Geosciences, U Texas

rgutierrez@geociencias.unam.mx

En el Bloque de Los Cabos (BLC), en la parte meridional de Baja California Sur, expone parte del batolito peninsular de Norteamérica. El BLC consiste en su mayoría de rocas granodioríticas del Cretácico Tardío, expuestas en la Sierra La Laguna al oeste y La Sierra La Trinidad al este. Las dos sierras están separadas por la Cuenca San José del Cabo (FSJC), un semigraben limitado al oeste por la falla San José del Cabo, una estructura de ~70 km de longitud y dirección ~N-S que acomodó la mayor parte de la extensión durante la fase inicial de la apertura del Golfo de California. El fechamiento de zircones magmáticos con el método de U-Pb; Ar-Ar en hornblenda y biotita, así como resultados termobarométricos de Al en hornblenda indican que las rocas graníticas de La Sierra La Trinidad y La Sierra La Laguna cristalizaron y se enfriaron entre ~90 y 74 Ma, siendo La Sierra La Laguna (el oeste) la parte más profunda (12 a 18 km) y la Sierra La Trinidad (al este) la parte más somera (10-15 km) del mismo sistema magmático transcortical. Los resultados de los análisis estructurales a lo largo de transectos E-W, perpendiculares a la traza de la FSJC, indican que la zona de falla está constituida por cataclasis y una zona de deformación frágil entre 50 a 200 metros de espesor. Fracturas y estrías de fallas en las estaciones estructurales indican una dirección de desplazamiento general hacia el E con ligera rotación hacia el ESE en la parte norte. En su mayoría la FSJC se localiza a lo largo de una heterogeneidad cortical que favoreció su desarrollo como una falla de bajo ángulo. Los resultados de la termocronología de baja temperatura en 10 muestras (Ar-Ar en K-feldespato; U-Th-Sm/He en zircones; trazas de fisión en apatitos) muestran patrones de enfriamiento variables. La mayoría de las muestras tienen un enfriamiento rápido posterior a la intrusión y para finales del Cretácico estaban a menos de 300° C. En algunas muestras es posible inferir un evento de enfriamiento en el Eoceno temprano y dos pulsos más claros entre ~29 y 20 Ma y ~15 y 6 Ma asociados a la actividad de la FSJC. El segundo pulso es similar al que se había reportado en trabajos anteriores de termocronología de baja temperatura (Fletcher et al., 2000) mientras que el primero define la edad del inicio de la actividad en la FSJC, previamente propuesta a ~18 Ma (Bot et al., 2016). Esta edad es coherente con la extensión temprana asociada al rift del Golfo de California en Sinaloa y Nayarit (Ferrari et al., 2013; 2018) y en la cuenca de Mazatlán (Sánchez-Barra et al., 2022).

GET-12

EL INICIO DEL PROCESO DE RIFT EN LA PARTE SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA EN EL OLIGOCENO TARDÍO - MIOCENO TEMPRANO: REVISIÓN Y NUEVOS DATOS

Ferrari Luca¹, Orozco Esquivel María Teresa¹ y López Martínez Margarita²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Cirios 160, F. Las Fincas, Ensenada, BC

luca@unam.mx

La temporalidad del proceso de rifting en el Golfo de California ha venido aclarándose en la última década. Diferentes estudios sobre los principales sistemas de fallas y cuencas extensionales de las dos márgenes, tanto continentales como marinas, han mostrado cómo la extensión temprana se remonta al Oligoceno tardío-Mioceno temprano, durante la fase terminal de la subducción de la placa Farallón (ver revisión en Ferrari et al., 2018). En la margen oriental del golfo, en Durango occidental y Sinaloa, una fase de extensión entre ~29 y 24 Ma está documentada por la discordancia angular que se observa entre las secuencias

ignimbriticas de los dos flare-up de la Sierra Madre Occidental (SMO) en los valles de los ríos Baluarte, Presidio y Piaxtla. Las principales estructuras extensionales son dos sistemas de fallas de más de 100 km de largo con dirección NNW-SSE y vergencia opuesta (Pueblo Nuevo-Tayollita y El Rosario-Concordia-La Noria) a lo largo de las cuales se emplazaron domos riolíticos de ~30-29 Ma y depósitos epitermales de Au-Ag. Estas dos estructuras forman una depresión tectónica de 60-80 km de ancho donde se depositó una secuencia conglomerática que separa las ignimbritas de 33-30 Ma, basculada al ENE o WSW, de la secuencia de El Salto-Espinazo del Diablo, de ~24-23.5 Ma. La extensión está también registrada por un evento de exhumación en rocas plutónicas del Cretácico terminal-Paleógeno que afloran en los ríos Piaxtla y Presidio con edades de trazas de fisión en apatitos de ~25 a 23 Ma. En la plataforma continental del sur de Sinaloa y norte de Nayarit la cuenca sepultada de Mazatlán (San Blas) contiene más de 3 km de sedimentos. La cuenca tiene una edad mínima de ~19 Ma (Sánchez-Barra et al., 2022) y en su parte basal incluye ignimbritas y conglomerados que se pueden correlacionar con las que afloran en la SMO (~24-20 Ma). En la margen conjugada occidental, una secuencia de areniscas marinas rica en fosforitas está expuesta entre San Juan de la Costa y Timbabiichi. Esta secuencia, con edad máxima de depósito de ~27 Ma, sobreyace a areniscas eólicas de <33 Ma y es cubierta por ignimbritas de ~24 a 19 Ma del miembro inferior del Grupo Comondú. En la cuenca de La Paz y al este de la Isla Cerralvo, la secuencia basal synrift ha sido interpretada como parte del paquete volcano-sedimentario del miembro inferior y medio del Grupo Comondú (Sutherland et al., 2012). Esto se confirma por las edades U-Pb y Ar-Ar de muestras dragadas y obtenidas por medio de robot, que incluyen ignimbritas y lavas intermedias de 21.3 a 15 Ma y rocas intrusivas someras con un enfriamiento rápido a ~18 Ma. Finalmente, estudios termocronológicos sugieren que el inicio de la actividad de la falla de San José del Cabo empezó también durante el Oligoceno tardío-Mioceno temprano (ver resumen de Gutiérrez Navarro et al., esta sesión). Financiado parcialmente por PAPIIT IN111114

GET-13

DESENTAÑANDO EL ORIGEN DEL CALOR GEOTÉRMICO EN AUSENCIA DE VOLCANISMO RECIENTE: ÁREA HIDROTÉRMAL DE SANTIAGO PAPASQUIARO, CENTRO-ESTE DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO

Castillo Reynoso Juan Carlos¹, Ferrari Luca¹, Billarent Cedillo Andrea², Levresse Gilles¹ y Inguaggiato Claudio³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad de Utrecht, Países Bajos

³CICESE

jccr@geociencias.unam.mx

En las cuencas extensionales del Eoceno-Oligoceno del centro de la Sierra Madre Occidental (SMO) se encuentran manifestaciones termales con temperaturas en aguas superficiales de hasta 74 °C. En esta región, el último pulso de volcanismo silícico culminó hace ~30 Ma, por lo que la actividad hidrotermal no puede asociarse a magmatismo y/o extensión litosférica recientes como sucede en zonas geotérmicas convencionales. Para determinar el origen de la fuente de calor se detalló la estratigrafía regional, se obtuvieron datos estructurales, perfiles magnetotéluricos, se realizaron mediciones de contenidos de radioelementos in-situ en todas las unidades litoestratigráficas usando un espectrómetro portátil de rayos gamma y se analizaron isótopos de He y Ne en aguas superficiales del área hidrotermal del Semigraben de Santiago Papasquiario, Durango, donde se intersectan los sistemas de fallas regionales de San Luis-Tepehuanes (NO-SE) y el sistema de fallas del Graben Río Chico-Otinapa (NNO-SSE). La estratigrafía del área de estudio se compone de: 1) una unidad vulcanosedimentaria del Cretácico Superior no fechada previamente (Grupo Garama), 2) lavas e ignimbritas riolíticas del Eoceno temprano, 3) una sucesión vulcanosedimentaria del Eoceno Tardío, 4) una sucesión de ignimbritas coronada o intercalada con lavas y domos félsicos del Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano y 5) una sucesión siliciclástica que conforma el relleno de la cuenca del Semigraben de Santiago Papasquiario (Formación Papasquiario), intercalada en la cima con algunos derrames de lavas basálticas (~12-11 Ma). Además, se reconocieron cuerpos intrusivos granodioríticos con edades del Maastrichtiano (~66 Ma) y del Bartoniano (~39 Ma). De manera general, las unidades volcánicas se encuentran enriquecidas en radioelementos, es decir, los valores medidos y su producción de calor resultante sobrepasa los valores esperados para una corteza continental superior y para rocas ígneas silícicas, además, los valores de producción de calor son comparables con rocas conocidas como "granitos productores de calor". La caracterización de los isótopos de He y Ne en las aguas termales muestra una importante componente cortical (79.4 – 96.1%) y una componente menor de origen mantélico (1.9 – 9.4%). Estos componentes difieren de los sistemas hidrotermales asociados a zonas geotérmicas con volcanismo reciente (P. Ej. Los Humeros o Los Azufres, en México) y también difiere del sistema no convencional del Graben de Juchipila, en el sur de la SMO. Nuestros datos muestran que las rocas del Eoceno-Oligoceno se encuentran enriquecidas en radioelementos debido al continuo reciclaje de la corteza continental y evidentemente al voluminoso magmatismo silícico. Las rocas mapeadas y caracterizadas en el área de estudio representan la expresión superficial de la corteza continental en el área de estudio, por lo que se infiere que, si las rocas volcánicas en superficie son productoras de calor, entonces las rocas asociadas a profundidad también lo son y contribuyen al calentamiento de las aguas que se infiltran a través de las fallas profundas, principalmente en la zona de intersección de los sistemas de fallas

GET-14

MACROSEISMIC STUDY OF THE DEVASTATING 22-23 OCTOBER 1749 EARTHQUAKE DOUBLET IN THE NORTHERN COLIMA GRABEN (WESTERN TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT) AND THE STRUCTURE OF THE SAYULA FAULT

Suter Max

Vogesenstrasse 16, D-79639 Grenzach-Wyhlen, Alemania

sutermx@alumnibasel.ch

A detailed macroseismic study of a locally devastating earthquake doublet in the western part of the Trans-Mexican volcanic belt, north of Fuego de Colima volcano, on 22 and 23 October 1749 is based on contemporary documentary sources (Seismol. Res. Lett. 90, 2304–2317, 2019). The shocks razed the towns of Zapotlán el Grande (now Ciudad Guzmán) and Sayula and caused major damage in Amacueca and Atoyac. A first mainshock on 22 October 1749 at 4 p.m. was devastating in Sayula and Zapotlán el Grande and caused some damage in Amacueca. A second, stronger mainshock ~20 hours later, on 23 October 1749 at about noon, was destructive in Sayula, Amacueca, and Zapotlán el Grande where only three residential buildings remained standing. Estimates of the intensity magnitude *M_I* of the mainshocks range between 5.7 and 6.0, with a preferred magnitude of 5.8. The macroseismic intensity distribution, limited area of destruction, and prolonged sequence of aftershocks, lasting at least until August 1750, indicate a local earthquake source in the northern Colima graben, most likely on the major fault bounding the Sayula half-graben in the west. The north-south to NNE-SSW-oriented Sayula half-graben is ~32 km long and up to ~14 km wide. The prominent escarpment of the structure-bounding Sayula fault has a maximum height of ~1,500 m above the valley floor, and the depth of the infilling graben sediments is nearly 1,000 m based on gravity measurements and a gravity model of the half-graben, which indicate a throw of ~2,500 m for the Sayula fault. The hanging wall is not back-rotated, which implies that the normal fault surface is planar at depth. Of the lava flows forming the footwall of the Sayula fault, the uppermost flow, abutting the fault escarpment, has a K-Ar age of 4.65 Ma. which indicates an upper bound for the activity of the fault. Based on the estimated 2,500-m-throw, the long-term slip rate of the fault since 4.65 Ma must therefore be #0.54 mm/yr. Based on the 32-km length of the Sayula fault and established scaling relations of earthquake rupture parameters, a maximum displacement of 1.96 m and an average displacement of 0.75 m would result from an entire-length rupture of the fault. Based on the above 0.54-mm/yr estimate for the long-term slip rate of the Sayula fault, this implies average recurrence times of ~3600 yr and ~1400 yr, respectively for a rupture of the entire fault. These values should be taken with reservation, not only because of the uncertainties in the rupture parameter values involved but also because ruptures often cluster in time. However, the estimated recurrence times compare favorably with the average values obtained in paleoseismological studies for normal fault segments of similar length of the Wasatch fault in the Basin and Range Province or in the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt.

GET-15

ESTRATIGRAFÍA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA FORMACIÓN AHUICHILA EN LA ZONA SUROESTE DEL SECTOR TRANSVERSAL DE PARRAS (BAJÍO DE AHUICHILA, COAHUILA)

Medina Pérez Edgar¹, Ramírez Peña César Francisco², Aranda Gómez José Jorge³ y Chávez Cabello Gabriel²

¹Posgrado Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

³Centro de Geociencias, UNAM

edgar.medinape@uanl.edu.mx

La Formación Ahuichila, es una unidad litológica constituida por conglomerado, tobas, areniscas, caliza y evaporitas que aflora ampliamente en la zona suroeste del Sector Transversal de Parras. Las descripciones de esta unidad han sido bastante generalizadas y existen pocos registros detallados de la misma, asimismo no se tiene una delimitación exacta de su edad, y su relevancia en la evolución tectónica del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano en la región. Recientemente se han reportado edades en areniscas y tobas de la parte media, sin embargo, aún no se establece el rango estratigráfico. En este trabajo se presenta un mapeo geológico-estructural a detalle, que demuestra que en el Bajío de Ahuichila, esta unidad está constituida por cuatro grandes miembros: 1) conglomerado polimítico de matriz arenosa, el cual sobreyace en discordancia angular y erosiva a las rocas calcáreas marinas plegadas; 2) una sucesión principalmente volcánicoclástica, constituida por toba, arenisca, y limolita verde, con esporádicos bancos de caliza y dolomía; 3) evaporitas con esporádica arenisca y toba, principalmente representada por horizontes de yeso; 4) una segunda sucesión de conglomerado polimítico de estratificación gruesa a masiva. Una cuestión de suma importancia, es que las rocas de la Formación Ahuichila exhiben evidencias que permiten establecer que por lo menos, los miembros 1,2 y 3, se depositaron en una cuenca sinorogénica al desarrollo del Anticlinal de la Sierra del Yeso, y que incluso, estuvieron involucradas en su plegamiento, ya que en la terminación periclinal sur, estas rocas adquieren la forma de dicho pliegue. Fechamientos U-Pb en circones reportados en la literatura y en trabajos inéditos indican que esta unidad se depositó entre el Eoceno y

Oligoceno temprano, lo cual permite interpretar que el anticlinal de la Sierra de Yeso corresponde a una estructura generada por acortamiento tectónico que es más joven que el reportado para las estructuras del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano en el Sector Transversal de Parras.

GET-16

APORTES DEL MULTI-FECHAMIENTO U-PB Y TRAZAS DE FISIÓN EN ZIRCONES Y APATITOS DETRÍTICOS AL ESTUDIO DE SISTEMAS EXTENSIONALES: EJEMPLO DEL COMPLEJO DE NÚCLEO METAMÓRFICO DE MAZATÁN

Noury Mélanie¹, Abdullin Fanis² y Solis Rivera Omar³

¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT

³Universidad Estatal de Sonora

mnoury@geologia.unam.mx

El complejo de núcleo metamórfico (CNM) de Mazatán es el más meridional de la provincia Basin and Range. Estudios termocronológicos previos mostraron que el bloque de piso del CNM de Mazatán se enfrió rápidamente (a una tasa de 60-80°C/Ma) durante dos periodos: primero desde por lo menos 25 hasta 23 Ma y luego entre 21 y 16 Ma. Sin embargo, no se cuenta con un registro para determinar el inicio de la deformación porque las rocas que registraron este evento fueron erosionadas durante la exhumación del CNM. Ya que los productos de esta erosión se encuentran almacenados en el bloque de techo de la falla de despegue del CNM, deberían guardar el registro de la historia térmica asociada al inicio y quizás anterior a la extensión. En este trabajo, se discutirán los aportes del multi-fechamiento in-situ U-Pb y trazas de fisión en zircones y apatitos por LA-ICP-MS de los sedimentos depositados en el bloque de techo del CNM de Mazatán. En particular, se presentará el interés de determinar el lag-time para estos diferentes sistemas termocronológicos a lo largo de una columna estratigráfica de referencia. El lag-time corresponde al tiempo transcurrido entre el enfriamiento de un mineral debajo de su temperatura de cierre durante la exhumación de la roca fuente y su depósito en una cuenca. Ya que cuando una roca se exhuma, sus minerales pasan por varias temperaturas de cierre, la doble datación U-Pb y trazas de fisión en granos individuales permite obtener lag-times por varias temperaturas (profundidades). Teniendo entendido que los lag-times varían en respuesta a los cambios de las tasas de exhumación en las zonas fuentes de los sedimentos, mostraremos que el análisis de esas variaciones a lo largo de una secuencia sedimentaria datada precisamente (por ejemplo, gracias al fechamiento de rocas volcánicas intercaladas) proporciona informaciones sobre la historia de exhumación de los relieves adyacentes a la cuenca.

GET-17 CARTEL

THE GLOBAL HEAT FLOW DATA ASSESSMENT PROJECT AND FELLOWSHIP PROGRAM

Neumann Florian, Norden Ben y Fuchs Sven

GFZ German Research Centre for Geosciences, GFZ

fneu@gfz-potsdam.de

The Global Heat Flow Database is the global compilation of the world heat flow data maintained by the International Heat Flow Commission (IHFC) of the IASPEI. It is a collaborative project between academia and industry that aims to support the process understanding of the Earth's thermal field by providing authenticated heat flow data. The GHFDB commenced in 1963 with the foundation of the IHFC collected data of the international geoscientific community produced since 1939. Currently, the database is in a process of transformation to ensure quality-proofed, validated and community-driven data within a modern database framework. This transformation is driven by the heat flow community through digital workshops, including the redefinition of the database structure and a reliable quality scheme based on relevant parameters for heat flow determination. Additionally, a five-year project to scrutinize, reassess and recompile the Global Heat Flow Database was announced in May 2021. The project is joint-coordinated by the IHFC and a Task Force of the International Lithosphere Program (ILP). Both projects directly tackle a long-standing challenge of providing a quality-assured and authenticated Global Heat Flow Database. All project collaborators, around 90, contribute with the revision of selected papers in this process. Further opportunities for collaboration were reached by the announcement of the heat flow fellowships. These are travel grants awarded to PhD students and postdoctoral researchers from all over the world intended to improve the collaboration among heat-flow related scientists and to foster our community and its collaborative networks. Primarily, we support researchers who work on the assessment, extension and quality assurance of the IHFC Global Heat Flow Database.

GET-18 CARTEL

DEFORMACIÓN, SISTEMAS DEPOSICIONALES Y MAGMATISMO EN LA CUENCA DE TODOS SANTOS DURANTE EL LÍMITE TRIÁSICO-JURÁSICO: UNA VISIÓN INTEGRAL

Verde Ramírez María de los Ángeles¹, Fitz Díaz Elisa², Stockli Daniel¹, García Amador Bernardo¹, Vidal Reyes María Isabel² y Parolari Mattia²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Universidad de Texas, Jackson School of Geosciences

angelesverde@gmail.com

La apertura del Golfo de México (GOM) ha sido atribuida a la rotación antihoraria del bloque de Yucatán sobre la falla lateral derecha Tamaulipas-Chiapas y es uno de los eventos asociados a la disgregación de Pangea. Diversos modelos han tratado de establecer la configuración de los bloques litosféricos que constituyeron a México durante el límite Triásico-Jurásico y las estructuras protagónicas de la ruptura. Sin embargo, la cinemática y temporalidad de estas estructuras, así como el magmatismo y naturaleza tectónica de las cuencas asociadas permanece en debate. La cuenca de Todos Santos, se localiza al sur del estado de Chiapas en la provincia de la depresión central, la cual se extiende hasta el oeste de Guatemala. Es una de las cuencas más grandes derivadas de la apertura del GOM y cuenta con uno de los registros estratigráficos en el territorio mexicano mejor preservados y expuestos desde el límite Triásico-Jurásico. En el presente trabajo se realizó mapeo geológico de la región a escala 1:50,000 para determinar la distribución de las formaciones geológicas, facies y estructuras asociadas. Asimismo, se levantaron columnas estratigráficas con el fin de documentar las características sedimentológicas y elementos arquitectónicos de las sucesiones fluviales y aluviales en las formaciones sedimentarias. Dataciones geocronológicas de U-Pb en zircones detríticos y magmáticos permitieron refinar el marco temporal para el depósito de estas sucesiones. Como resultado del trabajo de campo se documentó la presencia de una nueva unidad sedimentaria triásica, con edad máxima de depósito (EMD) de 203.6 ± 1.6 Ma, que cuenta con seis poblaciones principales de circones con edades entre 3,438.3 Ma y 191.49 Ma. Estudios preliminares indican que esta alternancia de areniscas y lutitas podrían corresponder a un depósito distal de turbiditas. Esta unidad es sobreyacida por la Fm. Todos Santos que tiene un espesor que varía de 900 a 3500 m a lo largo de la cuenca. Hacia la base, está formación se compone de una intercalación de derrames de lavas de composición andesítica y dacítica con brechas volcánicas, las cuales se ubican principalmente en la margen sur de la cuenca limitada por la Zona de Cizalla de Motozintla (ZCM). La ZCM es una estructura orientada NW-SE que aparentemente actuó como canal para lavas jurásicas y enjambres de diques de diversas edades presentes en la región. Las edades de circones magmáticos obtenidas en las lavas corresponden a 204.5 ± 0.5 Ma, 195.5 ± 0.5, y 193.5 ± 0.5 Ma. Las rocas volcánicas están sobreyacidas por una gruesa sucesión fluvial y aluvial que tiene variaciones laterales de facies a través de la cuenca, mientras que en el este predomina el ambiente de llanura de inundación, hacia el oeste se observa la presencia de abanicos aluviales intercalados con una sucesión fluvial. La EMD más antigua en estos depósitos corresponde a 195.9 ± 2.3 Ma, mientras que la más joven es de 165.6 ± 1.7 Ma.

GET-19 CARTEL

THE 6 NOVEMBER 1774 MI 6 BOLAÑOS GRABEN EARTHQUAKE (SOUTHERN BASIN AND RANGE PROVINCE, WEST-CENTRAL MEXICO): MACROSEISMIC OBSERVATIONS AND NEOTECTONIC IMPLICATIONS

Suter Max

Vogesenstrasse 16, D-79639 Grenzach-Wyhlen, Alemania

sutermx@alumni-basel.ch

The continental part of west-central Mexico is characterized by the active extensional tectonic regimes of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the adjacent southern Basin and Range Province. The deformation of the latter is distributed over several topographically very pronounced grabens and half-grabens (width 10#20 km, length #200 km; throw 1#2 km) including the Aguascalientes, Juchipila, Tlaltenango, and Bolaños grabens. In this talk, an A.D. 1774#1775 earthquake series in that area is documented based on numerous contemporary sources. The 6 November 1774 mainshock caused moderate to severe damage in several communities of the Bolaños graben, including the silver mining town of Bolaños, and moderate damage to communities in the Tlaltenango graben, such as the administrative center of Colotlán (Seismol. Res. Lett. 91, 2473–2486, 2020). Based on the macroseismic intensity distribution, the epicenter was in the Bolaños graben. The preferred magnitude of the mainshock is ~6.0±0.5. No major historical earthquake had been reported previously from this region. Existing groundshaking hazard models may therefore give a false sense of security. In the Bolaños graben, motion along the graben-bounding faults and the observed tilting of the graben shoulders has to be mostly younger than the 19.9-Ma age of the youngest basalt of the graben-shoulder stratigraphy. Its correlation across the western master fault indicates a 1,300-m throw and a long-term vertical slip rate of 0.07 mm/yr. The observations of alluvial fan deposits juxtaposed against the footwall ignimbrites along the western master fault of the Bolaños graben, the displacement of alluvial fan deposits along secondary faults within the graben, and the existence of hot springs along the western boundary

fault all are indicative of active deformation, and so is evidently the A.D. 1774 earthquake. On shaded relief maps the fault-bounded mountain fronts delimiting the Bolaños, Tlaltenango, and Juchipila grabens have a steep rectilinear shape. They show morphologically youthful features such as lack of dissection, and lateral and vertical linearity. These scarps are morphologically as pronounced as the ones of the faults with well-documented Quaternary activity in the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt. At least some of the faults in the epicentral region of the A.D. 1774 earthquake are therefore likely to be still active and pose a seismic hazard. This situation is reminiscent of how the understanding of the age of Rio Grande rift faulting in New Mexico and Colorado developed. The conventional wisdom until the 1970s was that the rift had developed in the Miocene and Pliocene and that the rift faults were no longer active and therefore of no seismic hazard. Like much of the western United States outside of California, this large extensional region had low historical and instrumentally recorded seismicity and was assessed as being of very low seismic hazard. Yet studies in the 1970s began to document surface rupture scarps associated with large (M>6) earthquakes in the Holocene, on the faults that were supposedly inactive.

GET-20 CARTEL

SHORTENING EVENTS RECORDED IN APTIAN-ALBIAN MARINE ROCKS FROM JURIQUILLA, QUERÉTARO STATE, MEXICO

Xu Shunshan¹, Nieto Samaniego Ángel Francisco¹,
Alaniz Álvarez Susana Alicia¹ y Cid-Villegas Gonzalo²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²CGEO, UNAM

sxu@geociencias.unam.mx

The Guerrero terrane was separated from the Mexican mainland by the Arperos suture. Such a suture is key to investigating the tectonic evolution related to Guerrero terrane accretion and generally to arc-continent collisional zones. Exposure of Aptian-Albian rocks in Juriquilla of State Querétaro consists of two different sedimentary units. The lower unit is a pelagic turbidite sandstone-shale assemblage exposed in the western area and the upper unit is a neritic limestone-shale assemblage exposed in the eastern area. There is an angular unconformity between these two units. At least three shortening phases are documented in these two assemblages. The phase D1 developed in the lower unit in the western area and formed thrusts and folds with 340° average orientation, and with a NE-vergence, which could correspond to deformation of pre-Albian successions of the Arperos Basin. During the phase D2, the argillaceous limestones and shales of the upper unit were folded and thrust in the eastern area. This shortening event also affected the lower unit in the western area. For this phase, the paleostress analysis yields a maximum compressional axis of 04°/267° from the thrust faults with west-vergence. Phase D3 structures indicate that during this deformational stage, the main shortening direction was oriented at ~320° and that the contraction was accommodated mostly by NW-vergent folds and thrusts formed with NE orientation. Typical superposed folds between the phases D2 and D3 are observed in the eastern area.

GET-21 CARTEL

GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DE LAS FALLAS CENOZOICAS EN EL ÁREA TIERRA BLANCA - SANTA CATARINA, NORESTE DE GUANAJUATO

García Zuno María Fernanda¹, Garibay Mendoza Victoria¹, Loza Aguirre Isidro¹,
Ángeles Moreno Edgar¹, Nieto Samaniego Ángel Francisco² y Kshirsagar Pooja³

¹Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

²Centro de Geociencias, UNAM

mf.garciazuno@ugto.mx

La región de Tierra Blanca-Santa Catarina (noreste del estado de Guanajuato), se caracteriza por afloramientos de rocas asociadas al vulcanismo oligocénico de la Sierra Madre Occidental y Mesa Central, que descansan sobre un basamento sedimentario marino Cretácico. Ubicada en el límite tectónico entre la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental, en esta región posiblemente se traslapan tres sistemas de fallas cenozoicas como el Sistema de Fallas Taxco San Miguel de Allende (SFTSMA) con orientación N-S, el sistema de fallas San Luis Tepehuanes (SFSLT) con orientación NW-SE y fallas E-W de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En esta zona la presencia, relación geométrica, temporal y cinemática de las fallas es desconocida, es por ello por lo que se realizó una investigación geológica de campo en la zona. Se colectaron datos estructurales de fallas, estrías de falla, así como planos de pseudoestratificación en depósitos piroclásticos. Estos datos posteriormente fueron analizados utilizando la red estereográfica. Se reconocieron 3 diferentes unidades de roca, de las cuales se elaboraron láminas delgadas que fueron descritas petrográficamente. Con la integración de la información disponible en la literatura, la fotointerpretación en Google Earth y la información recabada durante el trabajo de campo, se realizó un mapa geológico de la zona de estudio. Se están procesando actualmente muestras recolectadas de las rocas volcánicas para realizar análisis geoquímicos de elementos mayores en el LICCAM de la Universidad de Guanajuato. Además, se seleccionaron dos muestras de rocas volcánicas que se enviarán al LEI del Centro de Geociencias de la UNAM para la realización de análisis geocronológico por el método de U-Pb en zircones. Se utilizó el software Faultkin para graficar en estereogramas las fallas y estrías, y el software Stereonet

para planos de pseudoestratificación. Los planos de pseudoestratificación tienen orientación preferente NW-SE con buzamiento al NE, apreciándose un grupo menor de rumbo NE-SW buzante al NW. Las fallas tienen orientación preferente NW-SE, habiendo fallas en menor número con orientaciones ~N-S y ~E-W, con inclinaciones que van desde 40° hasta 90°, principalmente hacia el SW. Las estrías medidas se presentan en dos grupos, uno se concentra en la parte central del estereograma, las interpretamos como fallas con fuerte componente de tipo normal. El otro grupo de estrías se concentra hacia los bordes del estereograma, que interpretamos como fallas con componente predominante lateral. En un análisis espacial preliminar, las fallas con movimientos normales se encuentran principalmente hacia el centro y norte del área de estudio, mientras que las de deslizamientos a rumbo predominan en la parte sur del área. Debido a que las fallas normales y laterales se concentran en partes distintas del área de estudio y que ambos tipos de fallas tienen rumbo similar (NW-SE), inferimos, como una interpretación preliminar, que se está en presencia de dos fases de fallamiento. Esto se podrá dilucidar cuando se obtenga suficiente resolución en edades de las rocas afectadas. Financiamiento: proyecto 175/2022, Convocatoria Institucional de Investigación Científica (CIIC) 2022, Universidad de Guanajuato.

GET-22 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE PLUTONES EN LOS LÍMITES OCCIDENTAL Y SUR ORIENTAL DE LA MESA CENTRAL: LOCALIDADES LA HUERTA (SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO) Y LOS CAÑOS (AGUASCALIENTES)

Olmos Moya Paulina¹, Nieto Samaniego Ángel Francisco¹ y Del Pilar Martínez Alexis²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

polmos@geociencias.unam.mx

La provincia fisiográfica de la Mesa Central de México es una meseta elevada de ca. 2,000 m s.n.m que se encuentra limitada por estructuras cenozoicas mayores: al norte por el sector Transversal de Parras, al sur por la falla del Bajío, al este por el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) y al oeste por el graben de Aguascalientes. El SFTSMA corresponde al límite entre la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental, lo constituye un sistema de fallas normales de dirección N-S que se extiende desde San Miguel de Allende hasta más al norte de la Sierra de Catorce. El límite entre la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental esta representado por una estructura de semigraben (grietas de Aguascalientes), cuya falla principal se extiende con dirección N-S desde los Altos Jalisco hasta su intersección con el sistema de fallas San Luis-Tepehuanes en Zacatecas. A lo largo de estos sistemas de fallas mayores afloran rocas graníticas que se encuentran intrusionando a las rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias deformadas y metamorizadas en bajo grado del Mesozoico, y que subyacen discordantemente a la cubierta de rocas volcánicas del Cenozoico. Algunos de estos cuerpos intrusivos no han sido reportados ni descritos a detalle con anterioridad. Por lo que aquí presentamos un trabajo preliminar de cartografía a detalle con una escala 1:20,000 y el análisis petrográfico de dos cuerpos graníticos: Uno de ellos se denominó como intrusivo Los Caños, se ubica en el flanco sur occidental del graben de Aguascalientes, cerca de la comunidad de los Caños, Aguascalientes. Al segundo lo nombramos intrusivo La Huerta, se localiza en la intersección entre el límite sur y oriental de la Mesa Central, cerca de la comunidad de La Huerta, San Miguel de Allende. El intrusivo Los Caños es una roca granítica de coloración gris oscuro y de textura porfídica que se conforma por cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita, anfíbol y piroxeno, se clasificó como una granodiorita y no se aprecian en él estructuras de deformación por acortamiento, este intrusivo se encuentra subyaciendo discordantemente a una cubierta de ignimbritas moderadamente soldadas. El intrusivo La Huerta es una roca de color verde oscuro y textura porfídica compuesta por feldespato, plagioclasa, hornblenda, biotita y piroxeno, se clasificó como una diorita. Está emplazado en rocas mesozoicas deformadas por el acortamiento que produjo el Orógeno Mexicano, pero en el intrusivo La Huerta no se aprecian estructuras de acortamiento y los contactos son de carácter intrusivo, sobreyaciendolo discordantemente se encuentra una roca basáltica. Debido a que ambos cuerpos plutónicos carecen de estructuras de deformación contráctil se puede asumir que su emplazamiento fue posterior a la deformación del Orógeno Mexicano.

GET-23 CARTEL

DEFORMACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO: EVIDENCIA DE DOS EVENTOS DE DEFORMACIÓN POR ACORTAMIENTO DURANTE EL MESOZOICO

Vásquez Serrano Alberto¹, Nieto Samaniego Ángel Francisco², Olmos
Moya Paulina², Rangel Granados Elizabeth³ y Alaniz Álvarez Susana Alicia³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

En el sector occidental de la Sierra Gorda de Querétaro, afloran rocas sedimentarias de origen marino que van desde el Triásico Tardío al Cretácico. Las rocas más antiguas pertenecen a la formación El Chilar, las cuales están afectadas por dos

eventos de deformación por acortamiento con base en observaciones de campo. Las rocas del Jurásico Tardío-Cretácico representadas por las formaciones San Juan de la Rosa, Peña Azul, Tamaulipas y Soyatal registran sólo un evento de deformación. El primer evento de deformación está representado por fallas inversas que tienen un rumbo WNW-ESE inclinadas hacia el SSW, y por pliegues abiertos con planos axiales sub verticales y ejes sub horizontales que tienen una orientación WNW-ESE. Las estructuras asociadas al primer evento sugieren una dirección de transporte tectónico hacia el NNE. El segundo evento se asocia con una zona de cizalla en las rocas de la formación San Juan de la Rosa. Esta zona de cizalla separa a las rocas de la formación El Chilar de las rocas calcáreas del Cretácico, estas últimas están afectadas principalmente por pliegues chevron asimétricos y fallas inversas, ambas estructuras muestran un transporte tectónico hacia el E. En este trabajo se ubica en el tiempo de deformación más antiguo, para lo cual se fecharon por el método de U-Pb en circones detríticos a las rocas de las formaciones de El Chilar y San Juan de la Rosa, así como la matriz y los clastos de un conglomerado que ese encuentra en la base de la formación San Juan de la Rosa. Adicionalmente, se fecharon dos muestras de illita por K-Ar, una fue tomada en una capa de lutita afectada por cizalla capa a capa de un pliegue mesoscópico dentro de la formación el Chilar. La otra muestra se tomó en el contacto cizallado que separa las formaciones El Chilar y San Juan de la Rosa. Las edades de U-Pb, sugieren que el primer evento de deformación ocurrió después de Triásico Tardío debido a que el clasto de conglomerado dio una edad de 277 ± 20 Ma (MSWD = 91, n=22) mientras que la matriz tiene una edad máxima de depósito de 190.4 ± 5 Ma (MSWD = 1, n = 6). Esta observación es confirmada con las edades en illitas, las cuales dieron una edad de deformación de ~131 Ma. La edad y cinemática de deformación del primer evento registrado en el área de Tolimán, no apoya la hipótesis que se había sugerido previamente de un evento de deformación al final del Triásico Tardío asociado con el desarrollo de un prisma de acreción. Así mismo, pensamos que no es apropiado llamar a las rocas de Triásico Tardío en la región de Tolimán como un complejo, debido a que las rocas no acomodan gran deformación, ni las estructuras son complejas. Nuestros datos abren la posibilidad de pensar en otro evento tectónico más joven para explicar la deformación registrada en las rocas de la formación el Chilar.

GET-24 CARTEL

EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y MÉTODO DE FRAGMENTACIÓN DE UN MACIZO ROCOSO: CASO DE ESTUDIO DE FORMACIONES MESOZOICAS DEL ANTICLINAL SANTA ROSA, COAHUILA

Gutiérrez Montserrat, Davila Citlaly, Lucas Christian y Almaguer Yuri

Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila

castillo_montserrat@uadec.edu.mx

El conocimiento de las propiedades geomecánicas de la roca resulta fundamental para la estabilidad de una excavación y, por ende, para la seguridad de las labores mineras. Al decidir la ejecución de un proyecto ingenieril como lo es la construcción de un túnel, se deben de analizar a través de la gestión de información parámetros como el análisis de agrietamiento y propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso. A través del método Rock Mass Rating (RMR) para la clasificación de macizos rocosos desarrollado por Bieniawski (1972), se permite estimar la calidad del macizo rocoso, mediante la cuantificación de parámetros de fácil medición. Con el valor del RMR es posible establecer algunas propiedades geotécnicas preliminares del macizo, para analizar la estabilidad del talud del frente de explotación actual. El sistema Q, fue propuesto por Barton et al. (1974), siendo su principal propósito establecer un índice para determinar la calidad del macizo rocoso en túneles. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar una clasificación geomecánica en la Sierra Santa Rosa de Lima, del municipio de Múzquiz, Coahuila y un análisis de cuñas con el fin de estimar las recomendaciones de estabilidad y soporte en las formaciones geológicas Eagle ford, Buda, Del Rio, Georgetown, Aurora, Cupido y La Mula, que conforman el sector de estudio. El trabajo consistió en mediciones que permitieron la clasificación geomecánica del macizo rocoso y el diseño de la excavación subterránea, adicionalmente se realizaron análisis de densidad en laboratorio para así obtener RMR, RQD y Q de Barton y lograr procesar la información en el software Dips v7 y Unwedge v3.005. El resultado logra identificar las inestabilidades en cada una de las formaciones geológicas, así como la familia de cuñas inestables, de esta forma se pueden aplicar métodos de fortificación para el éxito de la construcción de túneles.

GET-25 CARTEL

METALOGENESIS DE LOS YACIMIENTOS DE CUARZO, TALCO Y SERPENTINITAS DEL BASAMENTO PRE-MESOZOICO DEL CAÑÓN DE CABALLEROS, TAMAULIPAS

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio

Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI

bazanperkins@hotmail.com

La secuencia precámbrica del Gneis Novillo, distribuida 20 km al Noroeste de Ciudad Victoria, interpreta la metalogénesis de yacimientos de cuarzo, talco y serpentinitas. Destaca la gran influencia del basamento precámbrico para desarrollar el Fanerozoico y la metalogénia de los extensos yacimientos porphyry copper deposits y los depósitos hidrotermales cordilleranos, del Altiplano del país. La litoestratigrafía involucra extensas discordancias oblicuas y tectónicas desde el Grupo Los Alisos, del Supergrupo Guanajuato del Hadiano (4150-3900 Ma). Sigue el

arco insular del Supergrupo Pápalo (3900-2600 Ma) como del Supergrupo Zimatlán (2600-1800 Ma) del Geosinclinal El Rosario del Paleoproterozoico. Continúa el Supergrupo Acatlán (1800-1000 Ma); prolongación meridional del Belt-Purcell Supergroup del oeste de Canadá. Asimismo, del Supergrupo Telixtlahuaca (1500-1100 Ma) intrusionados por diques gábricos del arco Subgrupo Vigallo de 1110 ± 20 Ma, afectados por metamorfismo regional de la Orogenia Oaxaqueña (1100-720 Ma) en facies de granulita, decreciente en anfibolita y esquistos verdes, con cataclasis final. La metalogénia vincula la litoestratigrafía del territorio de México y evolución tectónica, similar con la Faja Estructural Oaxaqueña. Sin embargo, el Gneis Novillo sufrió mayor levantamiento y desgaste erosivo, exhumando rocas corticales en facies de granulita de alta-presión con escamas tectónicas por subducción de la paleo-placa Nuxiño bajo la margen occidental del proto-continente de Gondwana durante la Orogenia Oaxaqueña. Además, truncadas por el bloque Chihuahua-Coahuila durante Cretácico Medio, debido a la megashear Monterrey-Sonora desplazada al poniente, con aloctonía de 600 km. Durante el Paleozoico Superior (Carbonífero-Pérmico), la secuencia pre-mesozoica de la región exhibe tectónica germánica de fosas y grabens delimitadas por fallas corticales de desgarre (Strike-slip fault) de desplazamiento lateral izquierdo NW-SE de una tectónica distensiva formando cuencas sedimentarias subsidentes tipo Pull-Apart, acumulando sedimentos siliciclásticas de la Formación Vicente Guerrero (Misisipico), Formación Del Monte (Pensilvánico) y Guacamaya (Pérmico). Incluyendo emplazamiento de cuerpos plutónicos y coladas volcánicas de composición félsica con movilización hidrotermal formando los yacimientos de talco, serpentina y cuarzo. Por tanto, los cuerpos de serpentinitas, talco, carbonatos y cuarzo del Cañón de Caballeros se vinculan a la alteración hidrotermal del plutonismo félsico intra-arco continental de la tectónica transtensiva del Paleozoico Superior, afectando rocas ultramáficas y máficas del Supergrupo Pápalo del Arqueano, que constituye el núcleo del Gneis Novillo. Estos yacimientos arman en vetas en sectores corticales del Supergrupo Pápalo, entre la Riolita Aserradero y el granitoide de la trinchera de subducción del Geosinclinal Cordillerano que incluye al Esquisto Granjeno del Supergrupo Acatlán. En suma, las fallas de desplazamiento sinistral con episodios de extensión-transtensión, la formación de cuencas sedimentarias Pull-Apart, acompañado de plutonismo y vulcanismo félsico, aconteció hacia el Paleozoico Superior; por subducción oblicua de la paleo-placa Pacífico del esquisto Granjeno, bajo la margen occidental cordillerana de la Faja Estructural Oaxaqueña. Se concluye que el Supergrupo Pápalo del Cañón de Caballeros aparece intrusionado por granitos y cuerpos de cuarzo de gran pureza derivados de la fusión parcial de la corteza primitiva silícea del Grupo Los Alisos basal.

GET-26 CARTEL

ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLOGICOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES SOBRE EL TRAZO PROYECTADO DE LA AUTOPISTA INTERSERRANA ENTRE RAYONES Y GALEANA, N.L.

Rodríguez Gómez José Olegario y Chapa Guerrero José Rosbel

Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAL

jose_rod12@hotmail.com

Dentro de las problemáticas más presentes en la construcción de carreteras los movimientos en masa destacan como uno de los fenómenos más destructivos que afectan el entorno social, causando miles de pérdidas económicas y en el peor de los casos cobrando la vida de personas y propiciando una vialidad insegura, analíticamente se calcula que más del 90% de este tipo de eventos destructivos puede evitarse mediante los análisis y remediación geotécnica que existe, los estudios geotécnicos como el RMR, SMR, RQD, son de gran ayuda ya que pueden predecir las condiciones de inestabilidad que pudieran ocurrir, anticipando así, el requerimiento de infraestructuras o mitigación de un proyecto. El Área prospecto para dicho estudio es de gran importancia ya que cubre un sector donde se ha proyectado la renombrada autopista Inter Serrana. Esta vía de comunicación impulsará el crecimiento del estado con la optimización del tráfico comercial entre la frontera norte del país y Monterrey con el centro y la capital de México. El objetivo principal de este estudio es caracterizar litológica y estructuralmente el macizo rocoso para definir zonas potenciales de riesgos geológicos de las laderas que pudieran afectar el futuro tramo carretero de la autopista Interserrana entre Rayones y Galeana, Nuevo León.

GET-27 CARTEL

ARQUITECTURA DEL SISTEMA POLIMODAL DE FALLAS DE LA REGIÓN SAN CARLOS-GUAYMAS, COSTA CENTRAL DE SONORA, MÉXICO

Del Pilar Martínez Alexis, Calmus Thierry y Noury Mélanie

Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

adelpillar@geologia.unam.mx

El desarrollo espacial y temporal de sistemas polimodales de fallas en regiones sometidas a una tectónica extensional es atribuido a múltiples fases de deformación. Esto involucra ya sea una evolución tectónica polifásica y cambios en el estado de esfuerzos regional o una perturbación de los esfuerzos locales inducidos por la reactivación de fallas preexistentes. Este trabajo presenta la arquitectura y el análisis estructural de un sistema polimodal de fallas localizado en la región de San Carlos-Guaymas, costa de Sonora, formado durante el Mioceno Tardío. El

sistema consiste en tres dominios estructurales: 1) fallas normales N-S en estilo dominó que basculan bloques hacia el oriente; 2) fallas laterales derechas de alto ángulo y de rumbo NW-SE y; 3) fallas NE-SW con componentes laterales y normales que basculan bloques hacia el noroeste. El análisis estructural revela una historia de deformación compleja que involucró una fase de deformación puramente extensional con una extensión E-W, una fase de fallamiento lateral con el esfuerzo principal máximo orientado N-S y una fase transtensional con una extensión NW-SE. Esta información se complementa con la sobreimposición de tres familias de estrías observadas en los planos de fallas, indicando una fase de deformación extensional, una lateral y por último una fase extensional. Se interpreta que la múltiple reactivación de las fallas estudiadas es el resultado de la sobreimposición espacial y temporal de las estructuras asociadas con la tectónica Basin and Range y la del Golfo de California en el área de estudio. Esta información preliminar apoya los modelos cinemáticos modernos que invocan la evolución de una deformación transtensional dominada por extensión a una transtensión dominada por un cizallamiento dextral en la región del proto-Golfo de California durante el Mioceno Tardío.

GET-28 CARTEL

IMAGEN SÍSMICA DE UNA CUENCA DE ANTEARCO: CASO MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR

González Álvarez Moisés Daniel, González Escobar Mario, Gallegos Castillo Cristian Alejandro, Mastache Román Edgar Agustín, Aladro Chio Young Ho, Reyes Martínez Carlos Simón, Arregui Ojeda Sergio Manuel y Mendoza Borunda Ramón

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

mdgonzalez@cicese.edu.mx

Las regiones de antearco son reflejo y albergue de los procesos de convergencia tectónica. En este contexto, las cuencas formadas colateralmente a la subducción se distinguen por sus grandes espesores sedimentarios. La cuenca de antearco Magdalena, que se encuentra en la península de Baja California Sur, México y que incluye regiones continentales y marinas, producto del evento de subducción de la placa de Farallón durante el Mioceno Medio-Tardío es un ejemplo de este tipo de depresiones. Con esto en mente, presentamos una serie de perfiles de sísmica de reflexión colectados en un sector terrestre y proporcionados por la industria petrolera, los cuales se han procesado e interpretado con el fin de identificar las estructuras geológicas más evidentes, así como el basamento acústico. Las observaciones por exponer pretenden incrementar el conocimiento para esta región y a su vez generar imágenes del subsuelo que sirvan para compararse con regiones análogas.

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizadores

Laura Elizabeth Peña García
Roberto Maciel Flores
Martín Hernández Marín

GGA-1

FRACTURAMIENTO EN LA ZONA METROPOLITANA DE ZACATECAS INDUCIDO POR LA ESTRUCTURA DEL BASAMENTO

Cedillo Candelas Miriam Judith¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús¹, Pineda Martínez Luis Felipe², Mandujano García Cruz Daniel², Rodríguez González Baudelio¹, Valle Rodríguez Santiago¹ y Reveles Flores Sayde María Teresa¹

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas

²Unidad Académica de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Zacatecas

³Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas

mirjud05@hotmail.com

El paisaje se modifica a lo largo del tiempo debido a los agentes geomórficos que actúan en él y, de manera artificial para el desarrollo urbano derivado del crecimiento de la población y la necesidad de nueva infraestructura. Aunque en la normatividad oficial del cambio de uso del suelo, desarrollo urbano y protección civil se consideran elementos como la geología, geomorfología, hidrografía, topografía, riesgo y peligros naturales, lo cierto es que la mayoría de las veces son solo para cumplir con un requisito administrativo, sin que se lleve a cabo una evaluación detallada de los sitios de crecimiento de una ciudad. Es común que en las obras de infraestructura y en las viviendas haya fracturas en paredes, banquetas y calles, socavación, remoción de sedimentos, hundimientos y levantamientos. Estos fenómenos son considerados como normales o comunes y su formación se atribuye al asentamiento o acomodo natural de una construcción y a la calidad de la misma y de los materiales empleados en ella. La explicación de los profesionales en la construcción es cierta, pero, no es completa porque no se contemplan la geología ni la geomorfología. En este trabajo se plantea la hipótesis de que la estructura del basamento y la morfología original influyen en la formación y desarrollo del fracturamiento de las casas e infraestructura urbana, así como en la remoción de sedimentos. El área de prueba de esta hipótesis fue la Zona Metropolitana de Zacatecas en donde se midieron de manera sistemática fracturas en las paredes y fachadas, así como el azimut de la fractura y de la extensión, en el caso de las fracturas en banquetas y calles, también se incluyeron la longitud y cantidad (densidad) de fracturas. En los bordes de erosión se consideró la longitud, azimut del borde, profundidad y altura. También se georeferenciaron los sitios en los que el organismo operador de agua potable ha hecho reparaciones. Con esta información se generó una base de datos georeferenciada que se analizó en el software ArcGIS 10.4. Los resultados obtenidos indican que la extensión del fracturamiento medido en las paredes, banquetas y calles es perpendicular a la orientación de las fallas del graben del Arroyo de la Plata, el cual está orientado WNW-ESE. En el graben hay fallas orientadas de NNW a NNE cuya orientación también es perpendicular a la extensión medida en los distintos tipos de fracturas. Lo anterior sugiere la influencia del basamento en la formación de estas estructuras. Además, se observó que las fugas en el sistema de agua potable y drenaje pueden contribuir a la remoción de sedimentos y, junto con la estructura del basamento y la morfología original, probablemente favorezcan los asentamientos y formación de los distintos tipos de fracturas.

GGA-2

APLICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES PARA IDENTIFICAR PUNTOS DE CONECTIVIDAD VERTICAL ENTRE AGUA SUPERFICIAL Y ACUÍFERO A TRAVÉS DE LA ZONA VADOSA

Reyes Cedeño Isai Gerardo¹, Hernández Marín Martín¹, Pacheco Martínez Jesús¹, Luna Villavicencio Hugo² y Pacheco Guerrero Anuard²

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

ai140830@edu.mx

Para analizar los problemas actuales en recursos hídricos subterráneos provocado por actividades antrópicas, se han establecido, modelos del régimen de flujo de agua en los sistemas acuíferos, ya que permiten evaluar el comportamiento del agua subterránea en diferentes escenarios, sobre todo a escala regional. Sin embargo, un área de oportunidad en investigación en términos hidrogeológicos es la conectividad vertical que existe entre superficie y acuífero a través de la zona

vadosa. Así mismo, el conocimiento confiable de las características geológicas del subsuelo es esencial para diseñar estrategias de gestión de aguas subterráneas efectivas y sostenibles porque el flujo de aguas subterráneas está controlado entre otros factores, por el marco geológico del acuífero, por ello, en esta investigación se llevó a cabo un análisis geofísico utilizando la técnica de sondeos eléctricos verticales (VES) para identificar puntos de conectividad vertical. La finalidad del sondeo eléctrico vertical es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie, se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado, que en este trabajo se aplicará a las inmediaciones de cauces naturales de tipo intermitente, ríos y arroyos que no fluyen permanentemente, con atención generalizada, pese a que se están volviendo más comunes que los ríos perennes. En esta investigación, se llevó a una caracterización hidrogeológica de un cauce natural de aproximadamente 14 km característico del Valle de Aguascalientes, de tipo intermitente, que en tiempos de sequía y lluvia presenta zonas de estancamiento, de las cuales se seleccionaron 3 puntos principales por el área y accesibilidad para llevar a cabo 6 sondeos eléctricos verticales (VES), utilizando el arreglo Schlumberger por la mayor longitud de espaciado entre electrodos que permite. Los resultados de campo se procesaron en el software IPI2WIN y se identificaron curvas de resistividad en dónde a partir de los 70 a 90m de profundidad la curva tiende a bajar y mantenerse estable, lo que da indicio a un estrato que pertenece a la zona vadosa del área de estudio. La aplicación de esta técnica brinda información de hasta 120m de profundidad, sin embargo, el reto es aplicar este arreglo en longitudes mayores además de llevar a cabo pruebas de calidad de agua en pozos cercanos al cauce en cuestión, para descartar posibles infiltraciones al acuífero por un potencial riesgo de contaminación hidrogeológica.

GGA-3

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TL EN DISTINTOS DISTRITOS MINERO-METALÚRGICOS

Vázquez Vázquez Santa Elena y Aguilar Carrillo de Albornoz Javier

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

a81877@alumnos.uaslp.mx

El talio (Tl) es un metal traza, pertenece al grupo IIIa de la tabla periódica, y se ha estimado que su contenido medio en la corteza terrestre es menor a 1 mg/kg. Una de las características principales del Tl es su alta toxicidad incluso en bajas concentraciones; sin embargo ha sido escasamente estudiado. Entre los inconvenientes que existen para poder estimar concentraciones de este elemento es que se encuentra en concentraciones muy bajas y no es detectable por la mayoría de las técnicas analíticas. En México, la calidad del suelo se encuentra regulada a través de la NOM-147-SEMARNAT/SA1-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por metales. La concentración de referencia de Tl, para suelos agrícola/residencial/comercial de 5.2 mg/kg y para suelo de uso industrial de 67 mg/kg, siendo estas concentraciones mucho menores que las concentraciones de referencia para arsénico, plomo y cadmio. El objetivo de este trabajo es localizar y delimitar áreas de interés geo ambiental por la presencia de Tl en zonas con actividades minero-metalúrgicas, desde las fuentes de emisión, hasta los reservorios ambientales que pueden llegar a ser impactados como: cuerpos de agua, suelos y sedimentos. Se recolectaron y analizaron 31 muestras de distintos distritos mineros de la República Mexicana, incluyendo materiales de procesamiento, residuos, suelos y agua. La caracterización químico-mineralógica aplicada incluye el uso de técnicas como: fluorescencia de rayos X (XRF), difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Finalmente las muestras pasaron por un proceso de digestión ácida con agua regia y las soluciones obtenidas se analizaron por medio de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para determinar el contenido de Tl y otros elementos. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos que van de 0.05 a 6.0 mg/kg y se podrán observar las variaciones en función del distrito minero, los minerales procesados, el proceso o la actividad fuente de emisión, así como el reservorio ambiental analizado.

GGA-4

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LAS MICROCUENCAS XICHÚ-PINALITO DE PALOMAS-PALOMAS, GUANAJUATO, Y SU PROBABLE AFECTACIÓN A LAS POTENCIALES FUENTES DE AGUA POTABLE

Cruz Jiménez Marcos Benjamín¹, Briones Gallardo Roberto², Ramos Arroyo Yann René³, Montes Ávila Isidro⁴, Ilizalturri Hernández César⁵ y Celis Lourdes Berenice⁶

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

³Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato

⁴Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

⁵Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

⁶División de Ciencias Ambientales, IPICYT

a192100@alumnos.uaslp.mx

La contaminación de los recursos hídricos es un problema de alcance mundial que se ha intensificado por el crecimiento demográfico. A fin de obtener la materia prima para proveer de productos y servicios a la sociedad, se optó por su obtención a partir de la explotación de los recursos minerales y con ello aumentó el nivel de exposición hacia los elementos potencialmente tóxicos (EPT). Además, el crecimiento demográfico provocó un aumento de asentamientos humanos en zonas donde la exposición a EPT se presenta de forma natural debido a las características geológicas del lugar (Ferrer, 2003). El sitio de estudio se encuentra en el Municipio de Xichú, Guanajuato, en la zona de las microcuencas de Xichú-Pinalito de Palomas-Palomas. Esta zona está conformada por una población de aproximadamente 4,000 personas. Las comunidades en la zona de estudio se encuentran alejadas de la infraestructura tradicional para abasto de agua potable, y en algunos lugares se práctica la cosecha de lluvia o bien emplean el suministro a través de algunos pozos, norias y manantiales que brotan en la región. Algunos manantiales, presentan concentraciones de arsénico superiores a los valores guía para agua de consumo humano (Escot-Espinoza et al., 2021). El agua de lluvia que logra permear en la zona sufre modificaciones en su calidad debido a su escurrimiento a través del sistema kárstico de la Formación El Abra, así como por las contribuciones de partículas finas provenientes del arrastre de residuos mineros intemperizados que fueron explotados en distintas minas desde la época colonial. Las características geológicas de la Formación Las Trancas, presente en el sitio de estudio, podrían inducir la aparición de manantiales impactados por As. En dicha formación, se han identificado filitas impermeables con incrustaciones piriticas y arsenopiriticas (Segestrom, 1961), que proporcionan un basamento hidrogeológico regional que favorece la descarga de manantiales, haciendo posible la contaminación natural de los manantiales. Además, las rocas sedimentarias muestran alta permeabilidad secundaria con elevada karsticidad, lo que podría incorporar EPT en los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos). Por tanto, resulta de gran importancia realizar un muestreo de materiales sólidos en los escurrimientos de las microcuencas (partículas finas, roca, sedimentos y suelos), así como de muestras acusos, tanto en zonas con evidente afectación por residuos mineros, como en sitios donde se encuentran aflorando las rocas ígneas y sedimentarias, para obtener las concentraciones de As y de otros posibles elementos tóxicos. Los resultados preliminares de los análisis de muestras de materiales sólidos recolectados en una campaña de campo exploratoria revelan concentraciones de As por arriba del límite máximo permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Por lo anterior, dado que los pocos recursos hídricos de la región se encuentran comprometidos, el presente proyecto plantea estudiar los mecanismos implicados en el transporte de EPT para identificar su origen (natural o antropogénico), y proponer medidas de prevención de la contaminación de los cuerpos de agua, así como estrategias de contención y/o remediación de las posibles fuentes de liberación de estos.

GGA-5

UNA SÍNTESIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MERCURIO EN LA ZONA MINERALIZADA DE MERCURIO DE LA SIERRA GORDA, MÉXICO

Hernández Silva Gilberto¹, Martínez Trinidad Sergio², Vassallo Morales Luis Fernando¹ y Solís Valdez Sara¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Colegio de Posgraduados

sarasoli@geociencias.unam.mx

Desde tiempos ancestrales (S1 AC) el cinabrio (HgS) ha sido explotado al sur de la Sierra Gorda, México; con la amalgamación de oro y plata en tiempos coloniales el uso del Hg se amplió. Ya en tiempos actuales, a partir del 2010, la producción de Hg en la Sierra Gorda se incrementó dramáticamente al constituirse en la actualidad, como uno de los productores activos de Hg más importantes del mundo. Como consecuencia de esta histórica explotación, una gran cantidad de terreros (<110) han quedado expuestos al aire libre. Estos han estado y están liberando Hg hacia el entorno de la superficie del paisaje y, al mismo tiempo, han y están emitido también, grandes cantidades de Hg hacia la atmósfera, representando una fuente permanente de contaminación. Tomando como referencia el significado de lo que es un Distrito Minero de mercurio, se estableció el área ambientalmente afectada por la mineralización del Hg que resultó ser de 715 km². Esta delimitación se

realizó mediante el uso de los conceptos de extensión de la mineralización y el sistema de red de cuenca hidrológica. Se aplicaron diversos y apropiados enlaces para construir un marco conceptual, que permitiera unir la estructura natural del paisaje con factores antropogénicos propios de la actividad minera del Hg. Lo anterior nos permitió establecer los mecanismos de dispersión superficial del Hg. Además, considerando y uniendo como vectores los terreros, como fuentes de Hg; sedimentos como transporte a través del paisaje y, suelos como deposición del Hg, se pudo demostrar la dinámica de la dispersión y su impacto ambiental, así como la estrecha relación que existe entre estos tres vectores. La conjunción de funciones de los factores, procesos y vectores fueron considerados como la clave para el desarrollo de un mapa de integración que explicara y representara un resumen visual del comportamiento dinámico y el impacto ambiental del Hg en la zona de estudio. El río Extoraz recoge sedimentos de 13 microcuencas provenientes del sistema minero, sugiriendo un continuo y cambiante reservorio de Hg en sus sedimentos; expresa también la urgencia ambiental de algunas microcuencas. Como unidad de estudio, la Sierra Gorda muestra las bases para estimar las emisiones de Hg hacia la atmósfera. El corredor Camargo-Plazuela-Río Extoraz fue el segmento de sedimentos de la red hidrológica más contaminado: 10 km. Agradecemos profundamente el apoyo otorgado a este proyecto por el PAPIIT-UNAM, IN11103817, IN11140910 y IN1116803

GGA-6

DESCRIPCIÓN COMPARATIVA DE FASES SÓLIDAS PRESENTES EN SUELOS CONTAMINADOS POR ACTIVIDADES MINERAS EN LOS DISTRITOS MINEROS DE MATEHUALA, SLP, Y SAN ANTONIO-EL TRIUNFO, BCS

García Hurtado María Fernanda, Hernández Mendiola Ernesto y Martín Romero Francisco

Instituto de Geología, UNAM

garcia.hf@ciencias.unam.mx

La minería ha tenido un extenso impacto sobre el desarrollo económico y social en los estados de San Luis Potosí y Baja California Sur. Ambos estados tuvieron, y tienen aún, una extensa actividad minera en gran parte de su territorio; si además caracterizamos a la minería como una actividad económica que genera grandes volúmenes de residuos, esto implica que en ambos estados puede darse la contaminación por elementos potencialmente tóxicos (ETP) contenidos en los residuos y afectar diferentes matrices ambientales, como los suelos, sedimentos, y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La contaminación a los suelos, en especial, es considerada un problema de salud pública prioritario a nivel mundial, por lo cual el procedimiento para su evaluación se encuentra descrito dentro de la normatividad mexicana en la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. En esta norma se considera que todo EPT tiene una fracción soluble que será parcialmente absorbida por el organismo e introducida al torrente sanguíneo; en contraste, se ha observado que la fracción que puede ser absorbida por el organismo no es solo dependiente de su solubilidad, sino también de su mineralogía, tamaño de grano, especie química específica, entre otros. Estos factores, en el caso de residuos sólidos de la minería, son directamente dependientes de los procesos industriales que los generaron, los cuales son distintos para los distritos mineros de Matehuala y San Antonio-El Triunfo. En el caso de Matehuala, los residuos mineros se generaron a partir de procesos de metalurgia, y en el caso de San Antonio-El Triunfo los procesos son principalmente de extracción y beneficio. En ambos distritos mineros se tienen reportes de concentraciones elevadas de algunos EPT en seres humanos, por lo que una evaluación que tome en cuenta las diferentes características químicas y mineralógicas en estos sitios es imperativa para el establecimiento de planes de remediación y prevención de enfermedades. Este trabajo tiene como finalidad la asociación de la génesis del residuo minero con sus características físicas, químicas y mineralógicas para la determinación de su efecto sobre la bioaccesibilidad de los EPT. A su vez, se consideran los efectos que esto tiene sobre la evaluación de riesgos a la salud humana en el contexto de las normas y leyes mexicanas.

GGA-7

INFLUENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES SUPERFICIALES EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

Hernández Marín Martín y González Cervantes Norma

Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

mhernandez@correo.uaa.mx

Se presenta una discusión sobre la implicación de las discontinuidades superficiales en la calidad y cantidad de agua subterránea del sistema acuífero del valle de Aguascalientes. La discontinuidades en cuestión (fallas o fracturas), presentan alta permeabilidad en comparación con el suelo adyacente, producto quizás del efecto de deformación superficial que experimenta el valle desde hace ya varias décadas, y que ha resultado en subsidencia e incremento del número de discontinuidades, así como elongación de varias ya existentes. La implicación de esta disparidad en la permeabilidad ha provocado que varios tramos de las discontinuidades en el valle representen potenciales canales de infiltración de agua superficial. Para demostrar lo anterior se han implementado diversas campañas de campo con metodologías variadas para medir la permeabilidad en zonas de discontinuidades, así como visualizar los flujos preferenciales a través de métodos geofísicos. Como ejemplo de lo anterior en una zona al norte del valle, la conductividad hidráulica

en zonas de falla y circundantes resultó del orden de $8.45E-05$ a $1.06E-02$ cm/s, con velocidades de infiltración de $5.0E-02$ a $1.5E-03$ cm/s, en ambos casos las mayores velocidades resultaron cercanas al plano de falla. En otro punto dentro de la ciudad de Aguascalientes, mediante resistividad eléctrica se realizó un mapeo del flujo preferencial de una falla al agregársele agua potable, observando una alta permeabilidad pero sobre todo un flujo preferencial vertical en una franja muy angosta que incluía al plano de falla. Más recientemente en otro punto muy cercano a un embalse artificial, se observó una entrada masiva de gran parte del agua que se había acumulado en dicho embalse producto de una temporada corta de copiosas lluvias. Este último caso representa el peligro más crítico de contaminación de acuíferos dado que el agua entrante provenía directamente de escurrimientos superficiales cuya ruta incluye varias granjas y otros potenciales focos de contaminación de agua. Por otro lado, de acuerdo con un estudio de hidrogeoquímica realizado en varios puntos del valle, al parecer el agua superficial aun no alcanza al acuífero, esto en parte auspiciado por el descenso anual sostenido que experimenta el nivel freático debido al bombeo intensivo. Sin embargo, nos encontramos ante un peligro hidrogeológico latente de contaminación crítica del acuífero.

GGA-8

MODELO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL PARA LA INGENIERÍA BÁSICA DE OBRAS SUBTERRÁNEAS DE ACCESO A LA ZONA DE EXPLOTACIÓN DEL MANTO DE CARBÓN, PASTA DE CONCHOS, COAHUILA

Castañeda Leonides Fausto, De Anda Clemente Yessica Ariadne,
García Rodríguez Habid y Gress Gómez Lucero Verónica
Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, CFE
fleonides@gmail.com

El 1° de mayo de 2019, se asignó a la CFE elaborar el "Plan Integral para la Reparación y la Justicia en Pasta de Conchos", el cual requirió estructurar el proyecto de obras subterráneas consistentes en túneles de acceso y ventilación, así como lumbreras para ingresar al manto de carbón que estuvo en explotación a 160 m de profundidad. Este proyecto requirió ejecutar los estudios de Ingeniería básica también por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a través de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC). En lo referente a los estudios geológicos, el Departamento de Geología se dispuso a revisar toda la información que se tenía previa al inicio del proyecto y de desarrollar un nuevo modelo geológico - estructural mediante exploraciones superficiales, exploración directa (sondeos) y exploración indirecta (estudios geofísicos); los cuales se ejecutaron durante los meses de noviembre de 2020 a junio del 2021. El modelo geológico - estructural establecido involucra las obras del proyecto y define las condiciones geológicas a las cuales se enfrentaría en el proceso de excavación, las cuales se encontrarán dentro de cinco unidades litológicas, tres formaciones que corresponden al Cretácico Superior; en primera, la Formación San Miguel de edad Campaniana; la segunda la Formación Olmos de edad Maastrichtiana, en esta se localiza el manto de carbón con un rumbo preferencial de la capa NW-SE y una inclinación en promedio de entre los 2° a los 7° hacia el SW y finalmente la Formación Escondido también de una edad Maastrichtiano; todas estas cubiertas por depósitos aluviales y suelo residual. En cuanto a estructuras geológicas relevantes, se identificaron dos fallas en la zona de estudio, al norte en el río Alamos (Falla Paso del Coyote), se tomó el dato de falla con un rumbo NW 60° con un echado al NE de 60° y hacia el sur de la zona de estudio, a la cercanía del río San Juan se tomaron dos datos de falla, el primero con un rumbo de NW 46° y un echado de 78° al SW y el segundo con un rumbo de NW 42° y una inclinación al SW de 50° (Falla San Juan). Se desarrolló un análisis morfológico - estructural; mediante la consideración de un modelo de elevación digital para configurar la superficie y piso del manto de carbón, obteniendo con base en su morfología, un modelo de fallas inferidas, siendo las más recientes el sistema NW - SE, el segundo sistema está orientado N - S y el tercero a un NNE- SSW. Se incluyeron además las fallas identificadas en superficie.

GGA-9

EL GEOTURISMO EN LA REGION DE CHIQUILISTAN JAL.

Maciel Christian Alexander y Maciel Roberto
Universidad de Guadalajara, UdeG
axer0alex@gmail.com

El geoturismo es según la perspectiva geológica; Una forma de turismo de áreas naturales que específicamente se centra en la geología y el paisaje. Promueve turismo a los geositios y la conservación de la geodiversidad y un entendimiento de las Ciencias de la Tierra a través de la apreciación y el aprendizaje. Palacio-Prieto (2018) Define que el principal valor de un geositio o un geoparque es; # Reconocer y valorar de manera explícita la importancia de la geología y la geomorfología de nuestro territorio, # Conservación de los recursos abióticos # Educación y # Desarrollo sustentable. Sin el sesgo hacia los aspectos bióticos, pero complementado con explicación de los ecosistemas, la cultura, costumbres y gastronomía local. Por su parte, la concepción desde la perspectiva geográfica corresponde a la propuesta de la Fundación National Geographic, en la que se postula que geoturismo es; "un turismo que sostiene o enriquece el carácter geográfico de un lugar y su ambiente, patrimonio, estética, cultura y busca el bienestar de sus habitantes" (Tourtelot, 2009). La presencia de varios geositios, pueden formar un geoparque, que es un proyecto del Programa Internacional de

Geociencias y Geoparques de la UNESCO, reconocido desde 2015, responsable de la promoción de los Geoparques Mundiales. Fundamentando la existencia de una serie de geositios y el geopatrimonio de una región, es viable hacer la propuesta de un geoparque, que tiene tres principales metas del mismo son; a) Conservación y mantenimiento de un ambiente más saludable, b) Promoción de la educación de Ciencias de la Tierra y c) Promoción del desarrollo económico sustentable a nivel local. La región de Amula, ubicada dentro del conocido Bloque Jalisco, cerca del límite con la Faja Volcánica Mexicana, afloran rocas de diferente edad (Neocomiano al Plioceno) y composición como son; sedimentarias, ígneas (extrusivas e intrusivas) y metamórficas, asociadas estructuras geológicas importantes. Está en la zona minera Tecolotlán - Chiquilistlan, en donde se extraen minerales como son; Au, Ag, Cu, Ba, Pb, Mn, Fe, Fluorita y bancos de material de caliza, caolín, yeso, entre otros, aún existen gambusinos en los ríos. Hay presencia de localidades con recursos geotérmicos de baja temperatura. La historia de Chiquilistlan, está muy bien documentada y existen además restos arqueológicos. Aún hay excelentes artesanos, buena gastronomía, la población se ha incrementado en la última década, pero calificada por INEGI con un alto grado de marginación, actualmente migra por falta de empleo. Los bellos paisajes de la región han creado un atractivo turístico y desarrollos urbanos acordes a los "Objetivos del Desarrollo Sustentable" UNESCO". Por lo anterior, se considera que el geoturismo puede aportar mucho a la industria turística en desarrollo y a la economía de la región, por lo que se invita a visitar esta región. Agradecimiento Deseamos manifestar nuestro más sincero reconocimiento, al apoyo recibido por parte de la empresa Sierra Mazati, Terrenos en Tapalpa, por el apoyo para este proyecto.

GGA-10

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIALES ALUVIALES EXTRAÍDO EN EL CAUCE DE UN ARROYO SUBURBANO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA: CASO DEL ARROYO EL CAJONCITO, B.C.S.

Ramos-Rodríguez José Alejandro, Plata Hernández Elvira y Cervantes-García Norma Desiree
Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Ciencias de la Tierra
jalejandro.ramos@gmail.com

El arroyo El Cajoncito localizado en el área suburbana del sur de la ciudad de La Paz, constituye uno de los principales cauces fluviales de la microcuenca hidrográfica del mismo nombre, y a su vez, forma parte de la cuenca hidrológica de La Paz. Dicho arroyo es de tipo trezado y debido al clima en el estado, la mayor parte del año permanece seco y solo en periodos de lluvias torrenciales, se propicia una escorrentía hasta su desembocadura en la laguna de La Paz. Los sedimentos aluviales acumulados en su cauce y terrazas fluviales aledañas son en su mayoría arenosos cuya composición granítica y características texturales son de interés para su explotación como material de construcción. El crecimiento acelerado de la ciudad en los últimos años ha generado una mayor explotación de este recurso, modificando la forma natural del cauce. Hasta el momento, no se conocen las implicaciones ambientales de esta actividad, como las relacionadas a procesos erosivos, balance sedimentario y afectaciones al sistema hidrológico de la cuenca, lo que dificulta su desarrollo sustentable. El presente trabajo es parte de un estudio de la caracterización física del arroyo, y tiene como objetivo registrar los puntos de extracción y estimar los volúmenes extraídos para el primer semestre del año 2022. La estimación se realizó mediante fotogrametría aérea con dron. Dichos zonas se identificaron a través de recorridos en campo y se realizaron modelos digitales de superficie de secciones del arroyo. Mediante la nube de puntos se estimó el volumen para cada punto junto con un intervalo de confianza. Los resultados hasta el momento señalan 5 zonas de extracción principales, 4 de ellos con una gran actividad extractiva y uno de ellos con baja actividad, este último utilizado además como vertedero de basura y escombro. Los sitios muestran volúmenes de extracción que llegan a estar por encima de los 200,000 m³. Los modelos de elevación muestran la profundidad y forma de los puntos de extracción los cuales varían hasta 12 m por debajo del nivel medio del suelo. Asimismo, mediante el uso de índices vegetales basados en color, se estimó la pérdida de la cobertura vegetal temporal del cauce del arroyo y riparia la cual es eliminada por las actividades de extracción. Dicha pérdida vegetal, reduce los ambientes de refugio y alimentación para diferentes especies, afectando además la velocidad y dirección del flujo del agua en caso de una fuerte avenida. El estudio remarca la importancia del monitoreo de estas actividades extractivas y su influencia en los procesos erosivos cauce abajo, así como con el comportamiento del nivel freático en el cauce del arroyo debido ausencia de arena.

GGA-11 CARTEL

CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ÓPTICA CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-OES) EN UN ESTUDIO DE BIORREMEDIACIÓN

Neri Hernández Omar¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Ruiz Huerta Esther Aurora¹, Gómez Bernal Juan Miguel², Cruz Ronquillo Olivia¹ y Aguayo Ríos Alejandra¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química

omarneri@igeofisica.unam.mx

Los elementos químicos presentes en el medio ambiente pueden llegar a representar un riesgo si sus concentraciones exceden los límites permisibles de acuerdo con las normas oficiales mexicanas y las guías internacionales. Estos elementos pueden ser de origen natural o antropogénico. Conocer su fuente y monitorear sus concentraciones permite implementar acciones que mitiguen sus efectos al ambiente y a la salud humana. El Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, cuenta actualmente con un equipo de espectroscopía de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES, por sus siglas en inglés: Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy). Este equipo permite la cuantificación de la mayoría de los elementos de la tabla periódica, con excepción de algunos halógenos y gases nobles. El ICP-OES hace posible realizar un análisis multi elemental en un rango amplio de concentración en muestras en fase acuosa y en un medio ácido. Esto permite proporcionar servicios analíticos para diferentes estudios y evaluaciones ambientales que incluyan distintas matrices como aguas superficiales y subterráneas, suelos, y vegetales. En este trabajo se realizó la cuantificación de litio, magnesio, calcio, fierro, cobre, zinc, cadmio, plomo, fósforo, azufre y arsénico en muestras procedentes de distintas fases resultantes de un método de extracción química secuencial aplicado a suelos, para un estudio de biorremediación de una zona cercana a una ex fundidora de arsénico en el estado de San Luis Potosí. Para cada elemento se realizó el monitoreo de diferentes longitudes de onda y se seleccionó la que presentó mejor intensidad, menor interferencia y mejor linealidad. Debido a que el equipo ICP-OES permite trabajar con rangos amplios, se analizaron todos los elementos con una sola inyección de cada muestra. Los resultados proporcionarán información sobre la disponibilidad ambiental de los elementos analizados y las posibles alternativas para su remediación.

GGA-12 CARTEL

DESARROLLO DE UN FILTRO EMPACADO CON ROCAS CALIZAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA CONTAMINADA CON ARSÉNICO

Moreno Rojo Ricardo, Armienta Hernández María Aurora, Sosa Islas Antonio, Aguayo Ríos Alejandra y Cruz Ronquillo Olivia

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

ricardomorenoarjo@gmail.com

La contaminación de agua potable con arsénico es una amenaza importante para la salud pública debido a los efectos característicos de una exposición prolongada a este metaloide, entre los que destacan: intoxicación crónica, lesiones de piel y cuadros clínicos del sistema gastrointestinal, circulatorio y nervioso, además de ser un agente cancerígeno. En nuestro país, las principales fuentes naturales de contaminación por arsénico son geogénicas, debido a que los minerales que contienen este elemento entran en contacto con agua subterránea, y a las condiciones físico-químicas que promueven su disolución. Por otro lado, en algunos sitios se presentan fuentes antropogénicas relacionadas con procesos industriales, energéticos y de minería que producen residuos, de los cuales se liberan compuestos de arsénico al ambiente, contaminando no solo el agua, sino suelos, plantas y cultivos, propiciando la exposición a través del consumo y por ende su bioacumulación. En el municipio de Zimapán, Hidalgo, se encuentran estas dos fuentes de contaminación. Por una parte, la geología de la zona presenta una desventaja para la calidad del agua, la abundancia de minerales con arsénico, aunado a la explotación de los pozos profundos que permite el contacto con oxígeno en fallas y fracturas ha contaminado el agua subterránea; y en segundo lugar, la explotación minera desde el siglo XVI, ha impactado en las concentraciones de norias cercanas a los residuos generados. Se han realizado estudios multidisciplinarios para solucionar esta problemática; sin embargo, aún no se ha logrado evitar la exposición al arsénico para toda la población. Una de las alternativas son las columnas de percolación, empacadas con roca caliza perteneciente a la Formación Soyatal. En el presente estudio, se realizaron experimentos con soluciones preparadas en laboratorio con agua desionizada y Na₂HAsO₄·7H₂O (grado reactivo), a una concentración de 1.2 mg/L de arsénico, que corresponde a la del pozo con mayor contenido en el municipio. La variable tiempo, a saber, duración de contacto agua-roca, fue optimizada para alcanzar los porcentajes de remoción más efectivos. Se experimentó con (1) flujo continuo e (2) inundación de columna (proceso por lote). De igual manera, los flujos de entrada fueron optimizados. Se obtuvieron resultados de remoción de 86.7% hasta 99.8%, lo que indica que algunos valores se encuentran debajo del límite permisible de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 (0.025 mg/L). Los datos experimentales obtenidos se adaptaron a un modelo matemático, que usa la constante de adsorción y desorción, y describe el comportamiento de la remoción a

diferentes flujos de entrada y tiempo de contacto, para calcular la máxima capacidad de remoción de arsénico. También se realizó un escalamiento teórico para una mayor cantidad de agua, con el que se obtuvieron resultados prometedores para la aplicación de este método en la remediación de acuíferos contaminados con arsénico.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizadores

Alejandro Rodríguez Trejo
 Fredy Rubén Cejudo Ruiz
 Miguel Angel Cervantes Solano

GEOPAL-1

**PARÁMETROS DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA
 DEPENDIENTES DE LA TEMPERATURA:
 OPTIMIZANDO LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES
 PARA EL MÉTODO DE ARQUEOINTENSIDAD**

Hernández-Cardona Arnaldo¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
ahctetl@ciencias.unam.mx

El análisis de los parámetros de alteración en mineralogía magnética se ha utilizado para comprender las transformaciones mineralógicas en los métodos de arqueointensidad. Los estudios realizados hasta la fecha han utilizado la reversibilidad de las curvas de susceptibilidad magnética dependientes de la temperatura (#(T)) en un sentido cualitativo para seleccionar el material más viable para su procesamiento, disponiendo de pocos parámetros para evaluar dicha reversibilidad de forma cuantitativa. Se estudiaron dieciséis cerámicas de dos sitios arqueológicos ubicados en el centro de México. Se realizaron curvas #(T) y experimentos de mineralogía magnética en pasos discretos entre 200°C y 520°C. Las propiedades magnéticas de las muestras se comparan con la viabilidad de la cerámica en el método Thellier-Thellier para obtener la arqueointensidad. Se identificaron grupos de cerámicas similares mediante un análisis de clústeres multivariado realizado sobre los parámetros de mineralogía magnética y su comportamiento termomagnético observado en las curvas k(T). Encontramos que el grado de reversibilidad en las curvas k(T) dado a través de un nuevo parámetro presentado en este trabajo está correlacionado con la viabilidad de ciertas cerámicas en el método de arqueointensidad que, utilizando criterios anteriores a este estudio, habrían sido rechazadas.

GEOPAL-2

**¿DIFERENTES METODOLOGÍAS, DIFERENTES
 RESULTADOS? ANÁLISIS MULTIMETODOLÓGICO
 DE LOS VALORES DE INTENSIDAD DEL
 CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE ANTIGUO
 REGISTRADOS EN TRES ESTRUCTURAS
 VOLCÁNICAS DEL OCCIDENTE DE MÉXICO**

Pérez Rodríguez Nayeli, Morales Juan, Cejudo Ruiz Fredy

Ruben, Guilbaud Marie-Noëlle y Goguitchaichvili Avto

UNAM

nayemeialua@gmail.com

Dentro de los estudios paleomagnéticos, la determinación de paleointensidades fidedignas representa un gran reto para la comunidad geocientífica, ya que los experimentos mediante los que se obtienen se ven afectados por una gran cantidad de factores; el tamaño de los minerales magnéticos, su composición, estabilidad térmica, estructura interna, historia geológica, etc. Lo anterior ha derivado en el desarrollo de distintas metodologías para la determinación de la paleointensidad, así como de propuestas de análisis de control, criterios de selección para clasificar las muestras de acuerdo con su calidad, alertas sobre posibles causas que dan lugar a experimentos fallidos, y el tratamiento de muestras para aumentar la tasa de éxito de los experimentos, que tiende a ser menor al 50%. Un enfoque que ha adquirido popularidad en la última década para aumentar la confiabilidad de las determinaciones de paleointensidades es el uso de análisis multimetodológicos, especialmente cuando se comparan valores de intensidad obtenidos mediante el uso de métodos basados en distintas propiedades físicas. Se presentan los resultados del análisis multimetodológico de las paleointensidades registradas en tres estructuras volcánicas Cuaternarias del Occidente de México: los volcanes Jabalí y Rancho Seco y el flujo de lava fisural Malpais Prieto. Las tres estructuras volcánicas analizadas han sido estudiadas de manera previa, por lo que se cuenta con información en la literatura de sus paleointensidades. Los resultados obtenidos muestran una buena concordancia entre las determinaciones de paleointensidades estimadas con el uso de más de una metodología para muestras del volcán Jabalí y el flujo de lava Malpais Prieto. Sin embargo, para el volcán Rancho Seco se encontró una diferencia de casi 30 μT entre los resultados obtenidos en el presente trabajo y

los datos publicados previamente. Se discutirán las causas de esta discrepancia y los métodos empleados para soportar o rechazar los valores obtenidos reportados.

GEOPAL-3

**MAGNETISMO DE ROCAS DEL VULCANISMO
 INTRAPLACA AL NORTE DE MÉXICO**

León Figueroa Leonardo de Santiago¹, Alva Valdivia Luis Manuel²,
Paz Moreno Francisco Abraham³ y Vidal Solano Jesús Roberto³¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM³Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora
leoleonfiguer@gmail.com

Se presenta la caracterización magnética de rocas y óxidos minerales del magmatismo intraplaca plio-cuaternario de la región norte de México en los estados de Sonora, Chihuahua y Coahuila. Se colectaron en total 374 núcleos en los campos volcánicos: 126 núcleos de 15 sitios, Moctezuma; 106 núcleos de 11 sitios, Camargo; 51 núcleos de 5 sitios, Las Esperanzas; 30 núcleos de 3 sitios de Las Coloradas y 61 núcleos de 6 sitios en Ocampo. Se midieron propiedades magnéticas dependientes de campo magnético: ciclo de histéresis (diagramas de Day y Néel), curvas IRM (análisis UnMix) y FORC. Paralelamente, se hicieron mediciones dependientes de la temperatura: susceptibilidad magnética y desmagnetización térmica (cálculo de direcciones medias y Polos geomagnéticos virtuales). Las observaciones microscópicas de los óxidos magnéticos (bajo luz reflejada) en superficies pulidas correlacionan con los resultados de óxidos magnéticos inferidos de las propiedades magnéticas. Estos últimos experimentos aportan el tamaño y tipo de dominio magnético. Los resultados globales indican principalmente que los minerales portadores de la magnetización son titanomagnetitas pobres en Ti (Moctezuma y Camargo), con ligeras diferencias en los campos volcánicos de Coahuila (Las Esperanzas, Las Coloradas y Ocampo), y pequeño contenido de hematita. En particular, los ciclos de histéresis muestran un aporte de minerales de baja coercitividad típico de titanomagnetitas y los diagramas de Day y Néel sugieren una mezcla de dominios simple y múltiple en los cinco campos volcánicos. Los diagramas de FORC corroboran una distribución de dominios magnéticos muy similar a los inferidos de las gráficas de Day y Néel. Por último, las curvas termomagnéticas indican, por un lado, una predominancia de minerales ferromagnéticos en los campos de Moctezuma y Camargo, con aporte de una mineralogía similar y una ligera variación en la temperatura de Curie; por otro lado, los campos volcánicos de Ocampo, Las Coloradas y Las Esperanzas resultan con una mineralogía similar de titanomagnetitas entre estos. Los resultados anteriores entre los cinco campos volcánicos, al igual que los reportados por los estudios petrológicos, aunque muestran diferencias, guardan una relación que, debido a su composición mineralógica y edad, podrían ser consecuencia del mismo mecanismo generador del magmatismo intraplaca en la zona norte de México, bajo una aparición y una evolución petrogenética independiente, ocasionada por el sistema extensivo dentro de la placa continental Norteamericana.

GEOPAL-4

**TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DE BLOQUES
 INCLUIDOS EN LOS ANILLOS DE TOBA DE LOS
 CRÁTERES: CERRO COLORADO, EL ELEGANTE
 Y CELAYA, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE,
 SONORA: EVOLUCIÓN VOLCANOLÓGICA**

Jaramillo Flores Andrea¹, Alva Valdivia Luis Manuel², Vidal Solano
Jesús Roberto³, González Rangel José Antonio² y Perrín Mireille⁴¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Geofísica, Laboratorio de Paleomagnetismo, UNAM³Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora⁴CEREGE, Francia

andyj397@gmail.com

Ya que el Campo Volcánico El Pinacate, localizado al NW de México, ha sido tema de interés a lo largo de los años, se ha buscado reconstruir su historia geológica a partir de un estudio paleomagnético y caracterización de magnetismo de rocas y de óxidos minerales de 3 anillos de toba del Campo Volcánico El Pinacate formados

a partir de eventos freatomagmáticos. Se colectaron 119 núcleos entre los 3 sitios diferentes y se obtuvieron las temperaturas de emplazamiento dentro de los rangos: 300°C – 420°C para el cráter Celaya siendo 380°C la temperatura más recurrente; 300°C – 380°C para el Elegante con una mayor recurrencia en los 300°C; y Cerro Colorado presenta temperaturas entre 300°C – 420°C siendo 370°C la moda para la toba. Se realizaron diferentes análisis para conocer las propiedades magnéticas: 1) Ciclos de histéresis, todos los granos de los distintos sitios mostraron pertenecer al dominio PSD y a tener una forma más bien cúbica; 2) Curvas de susceptibilidad vs. temperatura (K-T), estas varían entre cráteres pero de manera general mostraron que estos tienen titanomagnetita pobre en Ti y esta pudo ser resultado de la transformación de titanomaghemita. También en todos los sitios vemos presencia de magnetita; 3) Curvas UnMix, el único sitio que presentó los resultados esperados fue el cráter Celaya al presentar dos curvas de coercitividad dándonos a entender que cuenta con dos componentes, pues tanto El Elegante y Cerro Colorado presentan más o menos curvas. Al final, solo en el cráter Celaya se logró hacer el análisis de estimación de la edad con el programa SHA.DIF.14k; sin embargo, resulta con un rango de edad muy amplio para ser considerado confiable, por lo que se sugiere realizar más estudios. El cráter El Elegante no muestra resultados congruentes en sus estereogramas por igual área. Por último, se considera que en general el volcán Cerro Colorado se formó por varios eventos vulcanológicos sucedidos en un tiempo muy corto, siendo entonces válida la edad paleomagnética antes reportada de 3915±59 años AP (Alva-Valdivia et al., 2019).

GEOPAL-5

COMPARACIÓN DE PALEOINTENSIDADES RELATIVAS CONTRA LA INFORMACIÓN DE 10BE EN EL REGISTRO GEOLÓGICO: UNA RELACIÓN ENTRE EL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE Y LA ACTIVIDAD SOLAR

Rodríguez Guillermo Serafín¹, Vera Pedro² y Soler Arechalde Ana María¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²E.S.I.A. Ciencias de la Tierra Instituto Politécnico Nacional
rogs.1102@comunidad.unam.mx

El intervalo que abarcan las mediciones directas del campo geomagnético es muy corto, apenas alrededor de medio siglo, sin embargo, para poder comprender el funcionamiento de este, es necesario aumentar el alcance y continuidad de los datos, por lo que se ha recurrido al estudio de la señal magnética registrada en sedimentos principalmente marinos y más recientemente lacustres, que a pesar de la falta de entendimiento del proceso de adquisición de la remanencia magnética detrítica, han demostrado una alta correspondencia con los modelos de paleointensidades absolutas, siempre que se cumplieron con los criterios de tamaño de partícula magnética, principal portador magnético y homogeneidad en el aporte sedimentario (lo que evita errores en la inclinación magnética). El presente trabajo constituye una propuesta metodológica para el análisis de paleointensidades relativas, que fueron obtenidas de sedimentos lacustres provenientes de los límites entre la subcuenca de Chalco y Xochimilco, mediante la implementación del análisis de señales. Esta propuesta es preliminar y sienta las bases de un trabajo que está más avanzado pero continúa en desarrollo. Los datos presentados, se entienden bajo el contexto de sistema, en el que intervienen las variaciones orbitales, las variaciones de la actividad solar y las variaciones en el campo geomagnético, las cuales generan cambios en el ambiente de depósito del que las muestras son obtenidas, lo que se traduce en una contribución en la señal de remanencia magnética natural, que debe ser tratada para obtener una señal exclusivamente representativa de las variaciones del campo geomagnético, verificando su correlación con los fenómenos involucrados a partir del análisis de las señales de paleointensidad relativa y de concentración del isótopo cosmogénico 10Be, cuya formación se encuentra estrechamente ligada a los procesos previamente mencionados. Los resultados obtenidos del análisis en el dominio de la frecuencia muestran fenómenos periódicos asociados a ciclos solares y orbitales, mismos que han sido encontrados en los análisis de paleointensidades relativas en otros lagos del mundo, como lo son el lago Baikal en Rusia y el lago Mono en Estados Unidos de Norteamérica y que también se observan en la señal de 10Be generada con las muestras de estas mismas localidades. Además, se encontraron otros periodos en la señal de paleointensidad relativa que no se han podido asociar a algún fenómeno reportado previamente.

GEOPAL-6

PALEOMAGNETISMO DEL ENSAMBLE PLUTÓNICO DEL CRETÁCICO TARDÍO DE LA REGIÓN DE LA HUERTA, JALISCO, MÉXICO

Pérez Solano Alejandro Isaac¹, Alva Valdivia Luis Manuel², García Amador Bernardo Ignacio³, González Rangel José Antonio² y Ortiz Joya Guillermo Arturo⁴

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur, UDG

²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴School of Earth, Atmosphere and Environment, Monash University, Australia
isaac.perez@alumnos.udg.mx

En este trabajo se presentan los resultados paleomagnéticos preliminares obtenidos de 22 sitios de estudio dentro del ensamble plutónico de La Huerta, Jalisco, al suroeste de México; región perteneciente a la porción sur del denominado Cinturón Pacífico de Intrusivos Cretácicos, cuyo origen está vinculado a la subducción del Cretácico Tardío de la placa Farallón bajo la placa Norteamericana. En el

estudio se reportan los resultados preliminares de un análisis paleomagnético y magnetismo de rocas de diversas unidades plutónicas previamente fechadas, y que se consideran el límite relativo entre los batolitos de Puerto Vallarta y Manzanillo. La litología identificada corresponde a granitos de carácter híbrido con biotita y cuarzo, gabros de hornblenda, gabros bandeados, troctolitas, noritas, diques basálticos, entre otras. Hasta el momento se tiene resultados de anisotropía de susceptibilidad magnética y susceptibilidad en función de la temperatura (K vs. T), que nos hablan de una mineralogía magnética predominantemente de magnetita y titanomagnetita (pobre en Ti). Asimismo, en la mayoría de los sitios se ha logrado calcular exitosamente una componente principal de la magnetización remanente utilizando desmagnetización térmica y/o por campos magnéticos alternos, lo que ha permitido calcular: direcciones medias, polos geomagnéticos virtuales (VGPs) y polos paleomagnéticos. Por último, esto nos ha permitido explorar la dinámica de emplazamiento de este ensamble plutónico, así como su contexto tectónico en la región.

GEOPAL-7

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DE FLUJOS DE LAVAS ASOCIADOS A LA REGIÓN DE LOS AZUFRES - POSIBLE REGISTRO DEL EVENTO GEOMAGNÉTICO GLOBAL COBB MOUNTAIN

Díaz Ortega Ulises Demian¹, García Ruiz Rafael¹, Cervantes Solano Miguel¹, Goguitachivili Avto¹, Cejudo Ruiz Fredy Ruben¹, Morales Juan¹, Escutia Noemí¹ y Kravchinsky Vadim²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Geophysics, Department of Physics, University of Alberta
ulisesdem1@gmail.com

Se presenta un estudio paleomagnético de 17 flujos de lavas, los cuales cuentan con edades radiométricas comprendidas entre 0.05-4.3Ma y pertenecen a la región de Los Azufres la cual se localiza en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato. La media calculada para 15 sitios, descartando aquellas direcciones aparentemente transicionales y pobremente definidas resulta Dec=357.23°, Inc=38.62°, #95=4.89, k=55. Se obtuvieron dos direcciones invertidas, una dirección intermedia y catorce normales, de las cuales cuatro con edades entre 1.14 y 1.23Ma podrían estar relacionadas con el evento geomagnético global Cobb Mountain.

GEOPAL-8

PALEOMAGNETISMO EN LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DEL CRÁTER MCDUGALL, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, SONORA, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Alva Valdivia Luis Manuel¹ y Vidal Solano Jesús Roberto²

¹UNAM, Instituto de Geofísica

²Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora
antonio@geofisica.unam.mx

El Cráter McDougall llamado también el Verdugo es un centro hidrovulcánico (maar) localizado en la porción del extremo NW del Campo Volcánico El Pinacate. Este es el resultado de varios episodios freatomagmáticos sucedidos durante el Cuaternario tardío, formado por la mezcla explosiva que se originó del contacto de magma ascendente con cuerpos o corrientes de agua subterránea. Tiene un diámetro aproximado de 1500 m y una profundidad de 122 m. Se muestran estimaciones cuantitativas del rango de temperaturas de emplazamiento en estas facies basadas en la magnetización termoremanente secundaria adquirida por bloques volcánicos embebidos en el anillo de toba. Los experimentos se efectuaron en 30 núcleos orientados perforados en cada bloque. Los resultados de las curvas de susceptibilidad magnética vs. alta temperatura (k-T), los ciclos de histéresis y la saturación de la magnetización remanente isothermal, sugieren que los minerales responsables de la magnetización son: titanomagnetitas. Sin embargo, las curvas de k-T muestran que en varios casos existen dos diferentes fases termomagnéticas durante el calentamiento, y que las curvas de enfriamiento muestran irreversibilidad indicando la presencia de titanomagnetita y titanomaghemita. Se desmagnetizaron todos los especímenes utilizando el tratamiento térmico con intervalos de temperatura cortos (cada 20°C) para identificar con mayor precisión la temperatura de emplazamiento. La dirección media de esta temperatura podría ser utilizada para determinar el tiempo en que sucedió dicho evento volcánico, esto es el momento de la explosión o formación del anillo de toba.

GEOPAL-9

PALEOMAGNETISMO DEL PICO DE ORIZABA

Juárez Erick¹, Sieron Katrin², Martínez-Izaguirre Eevlin¹ y Böhnel Harald³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad Veracruzana, UV

³Centro de Geociencias, UNAM

erickja@geociencias.unam.mx

El Pico de Orizaba es el volcán más alto de México, con una importante actividad durante el Holoceno. Esta actividad solo se ha definida de manera absoluta por unos pocos flujos piroclásticos de gran alcance y de los que se pudieron obtener datos de C-14, y los flujos de lava jóvenes no han sido fechados hasta

el momento. En este trabajo presentamos datos paleomagnéticos de 39 sitios de flujos de lava del Pico de Orizaba, en su mayoría de edad holocénica, para determinar si su registro es distinguible y por lo tanto es adecuado para la datación paleomagnética, utilizando el programa *archaeo_dating* (Pavón-Carrasco et al., 2011) y el modelo de campo geomagnético para el Holoceno (Pavón-Carrasco et al., 2014). Durante extenso trabajo de campo, dichos flujos fueron muestreados en múltiples localidades que fueron previamente preseleccionados por imágenes satelitales y un mapa elaborado por Carrasco#Núñez (2000), pero que a menudo tenían que cambiarse sobre la marcha. El trabajo de campo fue un desafío, ya que la caminata tuvo que comenzar temprano en la mañana a unos 3400 msnm, cargando todo el equipo para el resto del día y, en ocasiones, terminando por encima de los 4800 msnm; todo esto bajo condiciones climáticas que incluyeron nieve y granizo. La preselección de sitios potenciales y el refinamiento durante el trabajo de campo dieron como resultado un muestreo muy exitoso: 30 sitios proporcionaron direcciones medias frecuentemente con $\pm 5^\circ$, importante en el contexto de la datación paleomagnética. Los resultados paleomagnéticos muestran que muchos flujos de lava tienen direcciones paleomagnéticas similares, lo que posiblemente indica que puede haber períodos cortos de mayor actividad efusiva, similar a los volcanes monogenéticos, separados por períodos de inactividad. Lo que significaría que la actividad volcánica del Pico de Orizaba varió entre períodos de calma y actividad efusiva repentina y extensa. Referencias Carrasco#Núñez, G., et al. (2000). Structure and proximal stratigraphy of Citlaltépetl volcano (Pico de Orizaba), Mexico. Geological Society of America, Special Paper 334 Pavón-Carrasco, J. Rodríguez-González, M.L. Osete and M. Torta, A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science*, 38, 2011, 408-419, 2011 Pavón#Carrasco, F.J., Osete, M.L., Torta, J.M. y De Santis, A. (2014). A Geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. *Earth planet Science Letter*, vol. 388, 98#109

GEOPAL-10

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DEL CAMPO VOLCÁNICO APAN-TECOCOMULCO, HIDALGO: EVIDENCIA DE UNA EXCURSIÓN GEOMAGNÉTICA

Ibarra Héctor¹, Böhnel Harald² y Rodríguez Trejo Alejandro³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³ENES Juriquilla

hector8864@yahoo.com

El campo magnético terrestre muestra variaciones en su dirección, magnitud y polaridad en diferentes escalas de tiempo, incluyendo las excursiones geomagnéticas. Esos eventos ocurren en períodos cortos de tiempo (geológicamente). En México, debido a su intensa actividad volcánica durante los últimos 20 Ma, se presenta una gran colección de diferentes flujos de lava y estructuras volcánicas. En los últimos 20 años se han realizado un gran número de dataciones radiométricas y estudios geocronológicos a lo largo del territorio mexicano. Permite al paleomagnetista identificar diferentes sitios potenciales para encontrar una excursión geomagnética. Sin embargo, representa un duro deber encontrar excursiones geomagnéticas en diferentes estructuras volcánicas y correlacionarlas con una fecha radiométrica precisa. En este trabajo presentamos resultados paleomagnéticos y de magnetismo rocoso de cinco unidades volcánicas recolectadas en el campo volcánico Apan-Tecomulco, Hidalgo, México, con edades que van desde 190 ka hasta 650 ka (García-Tovar et al., 2015). De acuerdo con la geocronología y los resultados de direcciones, uno de los flujos de lava del volcán Sta. Ana con una edad ca. 540 ka con polaridad reversa podría corresponder al evento West Eifel 5 (555 Ka). Mientras tanto, los otros flujos de lava muestran una polaridad normal. La evidencia de un registro de excursiones geomagnéticas en el centro de México, permite una mejor comprensión de la naturaleza de esos eventos geomagnéticos, en este trabajo la datación precisa de las unidades y el corto tiempo entre erupciones, puede mostrar información valiosa sobre el tiempo en las excursiones geomagnéticas. Referencias García-Tovar, G. P., Martínez-Serrano, R. G., Solé, J., Correa-Tello, J. C., Núñez-Castillo, E. Y., Guillou, H., & Monroy-Rodríguez, E. (2015). Geología, geocronología y geoquímica del vulcanismo Plio-Cuaternario del Campo Volcánico Apan-Tecomulco, Faja Volcánica Trans-Mexicana. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 32(1), 100-122.

GEOPAL-11

ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO REALIZADO EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO EL CERRITO, QUERÉTARO, MÉXICO

Cervantes Solano Miguel¹, García Pimentel Alejandra Guadalupe², Goguitchaichvili Avto³, García Ruiz Rafael³, Cejudo Ruiz Fredy Ruben², Valencia-Cruz Daniel³ y Morales-Contreras Juan²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Centro INAH, Querétaro México

miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

Se presentan los resultados de un estudio arqueomagnético y mineralogía magnética realizado en muestras recolectadas in situ en la Pirámide del Cerrito, Querétaro México. Las muestras provienen de dos fogones rectangulares y un piso quemado localizados al pie de la pirámide. Los experimentos de magnetismo de rocas indican la presencia de titanomagnetitas con contenido variable en

titanio como el mineral magnético responsable de la remanencia en las muestras, se observó también un comportamiento irreversible durante los experimentos de susceptibilidad magnética en función de la temperatura. Los tratamientos magnéticos permitieron identificar una sola componente de magnetización en la mayoría de las muestras y en algunos casos una componente inicial secundaria probablemente de origen viscoso la cual fue eliminada después de ellos primeros pasos de desmagnetización. A partir de las componentes direccionales se posible obtener las edades arqueomagnéticas de las muestras mediante las curvas de variación secular globales y locales. Los resultados revelan que, la edad de arqueomagnética de uno de los fogones concuerda con su edad radiométrica mientras que, para los otros dos casos, el piso quemado y el segundo fogón, existen diferencias significativas. Si las edades arqueomagnéticas representan el momento del momento del último uso o quema, esto podría sugerir que este sitio fue utilizado posteriormente en actividades que involucraban al fuego como un elemento esencial, posiblemente de carácter ceremonial.

GEOPAL-12

HISTORIA ERUPTIVA DEL VOLCÁN EL METATE A PARTIR DE DATOS PALEOMAGNÉTICOS, 3.0

Böhnel Harald¹, Salinas Sergio², Rodríguez Trejo Alejandro³ y Márquez Salazar Alan²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³ENES, UNAM Campus Juriquilla

hboehnel@geociencias.unam.mx

El volcán El Metate se emplazó hace 750 años, emitió ~10 km³ de lava y probablemente mantuvo su actividad durante al menos de 50 años (Chevrel et al., 2016). Por lo tanto, suponemos que afectó gravemente a los antiguos habitantes de la región, lo que los obligó a migrar. Estudios volcanológicos postulan que el volcán es de naturaleza monogenética, y el estudio paleomagnético de Mahgoub et al. (2017), lo confirma. Posteriormente, Pérez et al. (2020), contradicen esta interpretación y proponen una naturaleza poligenética, esto con base en sus resultados paleomagnéticos. Entre estos trabajos, existen diferencias entre la cantidad de unidades de flujo muestreadas, en la mayoría de los casos solo colectaron un sitio en algunas unidades de flujo de lava. En el presente trabajo, exponemos una descripción crítica de los resultados anteriores, incluidas las observaciones de campo y estrategias de un nuevo muestreo; en segundo lugar, se obtuvieron nuevos datos en tres sitios del mismo flujo 6, debatido por Pérez et al. (2020), y presentamos sus conducentes interpretaciones. Finalmente, mostramos nuevos datos de los últimos flujos de lava emitidos y que no fueron estudiados anteriormente, en parte debido a su difícil acceso (flujos 7, 12, 13). Los resultados que presentamos sugieren que El Metate es en efecto, un volcán monogenético, ya que presentan direcciones y paleointensidades congruentes. El fechamiento paleomagnético arroja un posible periodo de emplazamiento entre 1250-1320 CE. Referencias Chevrel, M.O., Siebe, C., Guilbaud, M.N., & Salinas, S. (2016). The AD 1250 El Metate shield volcano (Michoacán): Mexico's most voluminous Holocene eruption and its significance for archaeology and hazards. *The Holocene*, 26(3), 471-488. Mahgoub, A.N., Böhnel, H., Siebe, C., & Chevrel, M.O. (2017). Paleomagnetic study of El Metate shield volcano (Michoacán, Mexico) confirms its monogenetic nature and young age (~1250 CE). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 336, 209-218 Pérez-Rodríguez, N., Morales, J., Guilbaud, M.N., Goguitchaichvili, A., Cejudo-Ruiz, R., & del Sol Hernández-Bernal, M. (2020). Reassessment of the eruptive chronology of El Metate shield volcano (central-western Mexico) based on a comprehensive rock-magnetic, paleomagnetic and multi-approach paleointensity survey. *Quaternary Geochronology*, 55, 101031

GEOPAL-13

DESPOBLAMIENTO DE LA FRONTERA SEPTENTRIONAL DE MESOAMÉRICA DURANTE EL POSCLÁSICO TEMPRANO: EVIDENCIAS DESDE EL ARQUEOMAGNETISMO

García Pimentel Alejandra Guadalupe¹, Torreblanca Carlos², Cejudo Ruiz Fredy Ruben¹, Goguitchaichvili Avto¹, Cervantes Miguel¹, Morales Juan¹, García Ruiz Rafael¹ y Bautista Francisco³

¹Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

²Delegación INAH Zacatecas

³Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM alejandra9_15@hotmail.com

Durante la última década, se ha intentado el método arqueomagnético para datar cerámicas y estructuras quemadas in situ en la frontera Norte y Centro Occidente de Mesoamérica. En concreto, en sitios arqueológicos de los estados de Aguascalientes (El Cote), Guanajuato (El Cópore, Lo de Juárez y Plazuelas), Jalisco (Cerro de los Agaves, la Palma y El Palacio de Ocomo) y Zacatecas (La Quemada). La datación arqueomagnética es una alternativa de fechamiento absoluto que puede proporcionar, en ocasiones, una cronología precisa del desarrollo de las culturas prehispánicas. Se realizó una revisión de los trabajos arqueomagnéticos publicados para la frontera septentrional de Mesoamérica, a partir de los datos arqueomagnéticos existentes, se calcularon nuevos intervalos de edad mediante los modelos geomagnéticos globales SHA.DIF.14K (Pavón-Carrasco et al., 2014) y SHAWQ.2K (Campuzano et al., 2019) así como las dos Curvas de Variación Paleosecular (CVP) regionales para Mesoamérica de Mahgoub et al., 2019

y García-Ruiz et al., 2022. Se realizó un método de remuestreo Bootstrap con la finalidad de obtener un único intervalo de edad para cada artefacto arqueológico. Las edades obtenidas de los diferentes artefactos arqueológicos (pisos quemados, hornos, fogones y una cavidad quemada) de los sitios arqueológicos de la frontera Septentrional de Mesoamérica han proporcionado un intervalo de edad entre 750 d. C. al 1200 d.C. y corresponden a la etapa de aparente despoblamiento ocurrida durante el Posclásico Temprano. Palabras Clave: Mesoamérica, Frontera Septentrional, Arqueomagnetismo, Cronología, Abandono, Despoblamiento.

GEOPAL-14

LATIN AMERICAN PALEOMAGNETIC ONLINE DATABASE (LAPOD): LA BASE DE DATOS PALEOMAGNÉTICOS EN LÍNEA DE MÉXICO Y AMÉRICA LATINA

Rodríguez Trejo Alejandro, Böhnel Harald y Ibarra Ortega Héctor

Centro de Geociencias, UNAM

alexrt@geociencias.unam.mx

El Campo Magnético Terrestre (CMT) cambia continuamente en el tiempo y el espacio. Y es registrado de manera continua por diferentes procesos físicos en materiales geológicos y arqueológicos. Es tarea de los paleomagnetistas de todo el mundo obtener datos registrados en esos materiales para comprender mejor el comportamiento secular del CMT. En las últimas décadas, se desarrollaron varios modelos del CMT a diferentes escalas de tiempo (e.g. McElhinny y McFadden, 1997; Johnson et al., 2008; Cromwell et al., 2018; Dobrovine et al., 2019). Los modelos se desarrollaron utilizando grandes volúmenes de datos reportados en todo el mundo. Se utilizó una gran cantidad de datos paleomagnéticos de México en los modelos disponibles hasta el día de hoy. Esto es comprensible, pues en el centro de México se ubica una de las zonas volcánicas activas del mundo, la Faja Volcánica Transmexicana, que ha tenido una intensa actividad durante los últimos 5 Ma. Asimismo, en el norte y centro de México existe un registro volcánico semi continuo con intensa actividad durante los últimos 25 Ma. Incluso durante los últimos 3 ka, se registra una intensa actividad volcánica en México y Centro América. De igual manera, se documentó una ocupación continua de civilizaciones antiguas en todo México y Mesoamérica durante los últimos 5 ka. Dada la intensa actividad volcánica y humana, una gran cantidad de datos paleomagnéticos han sido reportados en la literatura en los últimos 40 años. Por lo tanto, es muy necesario reunir todos los datos disponibles de México y América Latina en una única base de datos. En este trabajo presentamos el Latin American Paleomagnetic Online Database (LAPOD), que reúne más de 3000 datos paleomagnéticos de declinación, inclinación, paleointensidad, VGP's y parámetros estadísticos y de dispersión (k y α_{95}). Así como información sobre la ubicación de cada sitio, los datos geológicos básicos y la información del autor. Se incluye una validación de datos por ubicación y edad reportada, en algunos casos se actualizó a una referencia más reciente. La base de datos actualmente es completamente funcional, predictiva y fácil de usar, con hasta 20 filtros diferentes incluidos para refinar una consulta específica y para una búsqueda de datos óptima. Con una interfaz de usuario amigable, es simple seleccionar los datos para una consulta y seleccionar una fila específica para mostrar. También están disponibles gráficos simples de diferentes parámetros para correlaciones visuales, geo referencia y ubicación de los sitios. Los datos se pueden descargar en diferentes formatos (pdf, csv, xls) para su procesamiento y visualización posterior, o para incluirse en trabajos de investigación. LAPOD se actualiza y refresca de manera constante con los datos más recientes publicados para México y América Latina. LAPOD ya está disponible en línea en el siguiente enlace: <https://paleomagnetismo.com/pmagdb/database-query/>

GEOPAL-15

NGOD: DISPOSITIVO DE ORIENTACIÓN DE PRÓXIMA GENERACIÓN

Böhnel Harald¹, Rodríguez Trejo Alejandro², Ibarra Héctor¹ y Escalante Jorge³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²ENES Juriquilla

hboehnel@geociencias.unam.mx

Estudios paleomagnéticos generalmente se realizan utilizando núcleos de perforación recuperados en el campo, los cuales deben ser orientado con respecto al plano horizontal y al norte magnético/geográfico. Para ello, se han utilizado dispositivos propuestos desde la década de 1950 sin mayores cambios, que implementan un tubo para ser deslizado sobre el núcleo de perforación y una plataforma que tiene que ser nivelada con una escala graduada apuntando a esa plataforma para medir la inclinación del núcleo de perforación. Una brújula magnética o solar colocada en esa plataforma proporciona información azimutal. En el presente trabajo presentamos un enfoque nuevo basado en un sistema de medición digital. Este incluye un inclinómetro conectado directamente al tubo deslizado sobre el núcleo perforado, que tiene una precisión/resolución de alrededor de 0,1°. El acimut magnético se determina por una brújula magnética que utiliza dos sensores fluxgate que también proporcionan una precisión <0,5°. Una brújula solar todavía tiene que ser leída personalmente, pero el dato se captura en la aplicación. Todos los sensores son leídos por un controlador que envía datos a través de WiFi a un Smartphone o Tablet, que captura estos datos y además calcula el acimut del sol, utilizando los datos geográficos y temporales disponibles, y envía los resultados a una base de datos basada en la nube. Opcionalmente, fotografías de los afloramientos pueden almacenarse en esa misma base de datos. De esta manera, los datos siempre están

asegurados, y los datos de campo perdidos ya no son un problema. La NGOD proporcionará datos de orientación precisos y simplifica el manejo de los datos de campo en estudios paleomagnéticos. También simplifica el trabajo de laboratorio, ya que permite utilizar datos de orientación almacenados en la nube para relacionarlos a las mediciones.

GEOPAL-16

REEVALUACIÓN DE DATOS PALEOMAGNETICOS DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA, PARA EL ÚLTIMO MILLÓN DE AÑOS

García Ruiz Rafael¹, Díaz Ortega Ulises², Cervantes Solano Miguel², Goguitchavili Avto³, Sebastián Reyes Daniel¹, Kravchinsky Vadim³, Morales Contreras Juan Julio⁴, Cejudo Ruiz Fredy Ruben¹ y Rosas José⁵

¹Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

²ENES, UNAM Morelia

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Ingeniería Física, UMSNH

⁵Universidad de Alberta

⁶Universidad de Guadalajara, UdeG

asrael.rafael@gmail.com

Dentro de la Faja volcánica Transmexicana (FVTM), se han desarrollado diferentes estudios de carácter paleomagnético, donde la comunidad científica ha centrado sus esfuerzos y atención en el estudio de las paleodirecciones, lo que ha dado pie a obtener una base de datos considerables para el último millón de años, involucrando el cron de Brunhes y parte de cron de Matuyama. Es este un lapso de tiempo importante por la cantidad de información direccional que se tiene hasta el momento, del tal forma que dentro del presente trabajo se tenga como objetivo su estudio, donde primeramente se contribuye con nuevos datos direccionales dentro del Complejo Volcánico de Michoacán Guanajuato en el centro de México, correspondientes a once direcciones de Tacámbaro-Puruarán, con edades radiométricas del periodo de tiempo en cuestión, para posteriormente en conjunto hacer una selección crítica de las mejores direcciones con respecto al número de especímenes, junto con su cono de confianza; de tal forma que se pueda contribuir con un análisis de la variación paleosecular, así como el campo promedio característico de la FVTM correspondiente al último millón, para poder encontrar sus diferencias y similitudes con respecto al campo global.

GEOPAL-17 CARTEL

FULL VECTOR PALEOMAGNETIC ESTIMATION FROM THE PARANÁ LARGE IGNEOUS PROVINCE, IRAÍ REGION, SOUTHERN BRAZIL: IMPLICATIONS FOR THE CRETACEOUS MAGNETIC FIELD STRENGTH

Alva Valdivia Luis Manuel¹, Savian Jairo F.², Tomé Camila R.³ y Hernández Cardona Arnaldo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Departamento de Geología, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970; Porto Alegre, Brazil

³Programa de Pós-graduação em Geociências (PPGGeo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970; Porto Alegre, Brazil

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

lalva@geofisica.unam.mx

Paleointensity values supply significant information on the magnetic field sources within Earth's core and on the mantle convection processes. We present new paleomagnetic directional and paleointensity estimates from the Serra Geral Formation Paraná large igneous province, southern Brazil (#135Ma), which incorporate to the small southern hemisphere data set. The Early Cretaceous shows remarkable changes in the Earth's magnetic field from rapid polarity reversals, to a long-term stability associated with the onset of the Cretaceous Normal Superchron. Paleomagnetic directions were determined for 12 sites encompassing the exposed stratigraphy of the Paraná province. Samples were recovered from basaltic lava flows in a cross-section at Rio Grande do Sul, Brazil. Tests on data reliability were considered before results were accepted, including partial thermoremanent magnetization (pTRM) checks, hysteresis parameters, observations under reflected light, and changes of susceptibility during low and high temperature. Paleointensity determinations, using the Thellier-Coe protocol, were carried out on a total of 109 rock specimens from all the sites. Most sites show normal polarity with exception of three inverse sites. Following these checks, a total of 26 individual samples from 9 sites were considered to provide reliable paleointensity determinations. Mean paleointensity value from sites of the two defined flow types (I and II) combined results in $39.5 \pm 5.3 \mu\text{T}$ corresponding to an average virtual dipole moment (VDM) of $6.33 \pm 1.33 \times 10^{22} \text{Am}^2$. These values equate to approximately 77% of present Earth's field when considered alongside existing studies, and suggest that Earth's field strength was high in the time leading up to the Cretaceous Normal Superchron. The calculated geomagnetic pole varies between 11.4° and 5.2° with respect to those previously reported for the region. This difference may correspond to secular variation considering the confidence cones. However, our hypothesis about a displacement movement of the block for the flow zone is more in agreement with the values of the differences.

GEOPAL-18 CARTEL

DIGITALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MAGNETOGRAMAS DEL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE TEOLUYUCAN, MEX. PARA EL ESTUDIO DE TORMENTAS MAGNÉTICAS

García Gómez Ana Laura¹, Caccavari Garza Ana², Hernández Quintero Juan Esteban², Cifuentes Nava Gerardo³ y Carrillo Vargas Armandó²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM
anny@ciencias.unam.mx

En este trabajo se presenta el análisis del comportamiento de la componente horizontal (H) del campo magnético terrestre, durante las tormentas magnéticas del ciclo solar 16 registradas en el Observatorio Magnético de Teoloyucan, México. Se realizó la digitalización de 3,729 magnetogramas pertenecientes a los años 1923-1933. Tales magnetogramas fueron registrados con un magnetómetro Dover (no. 123) para la medición de la componente horizontal y tres variómetros registradores fotográficos para las componentes de declinación (D), intensidad horizontal (H) e intensidad vertical (Z) para el período de 1923-1927; un magnetómetro C.I.W. (no. 107) para la medición de la componente horizontal, de 1927 a 1930. Mientras que para los años de 1931-1933, se utilizaron variómetros registradores fotográficos Eschennhagen, de la casa Askania. Para aquellos magnetogramas que contaban con información previa, se registró que la línea de base H se determinaba en unidades físicas de medición (Gauss) y presentaba gran dependencia con el instrumento utilizado y de la calibración temporal. En la mayoría de los registros magnéticos, fue posible recuperar el tiempo de adquisición del campo registrado. Se muestran los resultados preliminares del análisis de la información digitalizada a partir de los magnetogramas del observatorio magnético de Teoloyucan, y los rasgos característicos del campo magnético en esta región geográfica del territorio mexicano.

GEOPAL-19 CARTEL

ROCK MAGNETIC PROPERTIES FOR EXPLAINING SEDIMENTARY CYCLES IN THE TROPICAL BELT DURING A GREENHOUSE WORLD: A STUDY OF THE UPPER CENOMANIAN-EARLY TURONIAN THE LA LUNA FORMATION

Restrepo Penagos Jimena¹, Rodríguez Trejo Alejandro², Böhnel Harald², Ibarra Ortega Héctor², Paez Reyes Manuel¹, Beltrán Treviño Alejandro¹, Bonilla Germán¹, Valencia Cristian¹ y Duque José¹

¹Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Eafit, Medellín, Colombia

²Centro de Geociencias, UNAM

jrestrepop@eafit.edu.co

Sedimentary cycles are a persistent pattern in Cretaceous sequences deposited on siliciclastic- and carbonate-dominated platforms. In the upper Cenomanian-lower Turonian the La Luna Formation rhythmically-bedded couplets of impure limestones and wackstones of foraminifera with only subtle changes in the texture and detrital contents have been previously documented. This cyclicity –and other sedimentary successions deposited in tropical epicontinental seas and marginal areas of the continents in the tropical belt- has been traditionally explained by high-frequency fluctuations of the sea level that in turn controls the relative input of detritus into the basin. Alternative hypotheses, however, have not been tested to see if redox variations due to oceanic water-mass interchange (i.e., the redox see-saw), strengthening/weakening orbitally driven of the south American monsoon, or diagenesis explain the cycles. In this work, rock magnetic experiments were performed: magnetic susceptibility, thermomagnetic curves, ARM, SIRM and HIRM to establish climate control from the magnetic mineralogy based on the iron oxides contained on the samples, relations of C and N isotopes and identification of Mo, V, U, Cr with X-Ray fluorescence which are indicators of euxinic conditions. These Proxies showed a visible cyclicity alternating between euxinic and ferruginous conditions regulated by precession earth movements, allowing to conclude that continental erosion plays an important role on anoxic conditions due to changes in the climate system modulated by orbital movement.

GEOPAL-20 CARTEL

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO INTEGRAL DEL VOLCÁN EL PELADO, CAMPO VOLCÁNICO DE CHICHINAUTZIN, MÉXICO

González Gacia Andrea¹, Rodríguez Trejo Alejandro¹, Böhnel Harald², Ibarra Ortega Héctor² y Dekkers Mark³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - UNAM, Campus Juriquilla

²Centro de Geociencias, UNAM

³Faculty of Geosciences, Utrecht University

andrea_glez99@outlook.com

La subducción de la placa de Cocos debajo de la placa Norteamericana originó la formación de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, la cual inició hace ca. 16 Ma, tiene una dirección E-W a lo largo de casi 1000 km, dividida en tres sectores: oriental, central y occidental. Dentro del sector central se encuentra el Campo Volcánico de

Chichinautzin (ChVF) entre la Ciudad de México, Morelos, y el Estado de México. Es un campo de actividad principalmente monogenética considerado activo. El ChVF ha sido estudiado desde hace más de 40 años por diferentes autores, debido a la gran cantidad de estructuras volcánicas e intensa actividad efusiva y explosiva, ha sido objeto de estudio de diversos autores e.g. Urrutia-Fucugauchi & Martín del Pozo (1993), González et al. (1997), Rodríguez-Trejo et al. (2019), entre otros. El volcán El Pelado, localizado dentro del ChVF, se ha catalogado como un volcán de tipo monogenético. Siebe et al. (2004) estimó una edad de ca. 12 ka; este es uno de los cuerpos volcánicos más estudiados del ChVF, sin embargo, los datos paleomagnéticos actualmente publicados indican dos direcciones paleomagnéticas discordantes, con valores de Declinación que van de los 347° a los 18°, y con inclinaciones que oscilan entre los 12° y 35°, poniendo en duda su naturaleza monogenética, o en su caso, la validez de los sitios reportados actualmente para este volcán. Este estudio tiene como objetivo hacer un estudio paleomagnético detallado para determinar datos de dirección (declinación e inclinación) e intensidad del campo magnético, así como un análisis detallado de sus propiedades magnéticas de los diferentes flujos de lava; así como ajustar la cronología entre las edades reportadas y un fechamiento paleomagnético. Para tal fin se realizaron diferentes experimentos en el Laboratorio de Paleomagnetismo de Rocas del Centro de Geociencias-UNAM, y en el Laboratorio de Paleomagnetismo de Fort Hoofddijk, de la Universidad de Utrecht, Países Bajos, para determinar los datos direccionales, de paleointensidad y propiedades magnéticas, así como un fechamiento paleomagnético.

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizadores

Efraín Gómez Arias
Luigi Augusto Solari
Teodoro Hernández Treviño

GEOQP-1

GEOQUÍMICA, PETROGÉNESIS Y GEOCRONOLOGÍA DE ROCAS MÁFICAS DEL CUATERNARIO A TRAVÉS DE LAS LOCALIDADES DE MOCTEZUMA # ZACATÓN, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Hernandez Martínez Karla Rubí¹, Verma Sanjeet Kumar¹, Torres Hernández José Ramón²,
Torres Sánchez Darío³, Torres Sánchez Sonia Alejandra⁴ y Fuenlabrada Pérez José Manuel⁵

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Instituto de Geología, UASLP

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

⁵Unidad de Geocronología, CAI de Ciencias de la Tierra y

Arqueometría, Universidad Complutense de Madrid, España

karla.hernandez@ipicyt.edu.mx

La provincia Mesa Central (MC) localizada en el centro-norte de México es definida como una cuenca rodeada por montañas más elevadas localizada dentro los márgenes de la provincia Basin and Range. Hacia el noroeste de la ciudad de San Luis Potosí se encuentran la zona de estudio entre las localidades Moctezuma- El Zacatón formando parte del Campo Volcánico Ventura-Espiritu Santo (CVV-ES), conformada principalmente por conos cineríticos y lavas del cuaternario. Las rocas volcánicas del (CVV-ES) se conforma: (i) basaltos que presentan matriz microcristalina, textura afanítico-porfídica, ensamblaje mineral principal de Ol+Pl+Cpx+Op y fenocristales de Ol y Qz subhedrales a euhedrales con varias fracturas con cambio composicional hacia los bordes; (ii) basanitas que presentan matriz microcristalina, textura afanítico-porfídica, ensamblaje mineral principal de Ol+Pl+Cpx+Op y nódulos de intercrecimiento de los minerales composicionales de la matriz, además de presencia de iddingsita como mineral de alteración; y (iii) traquibasaltos, textura afanítico-porfídica, matriz microcristalina, ensamblaje mineral principal de Ol+Pl+Cpx+Anf+Op. Las tres secciones presentan megacristales de anfíboles, xenolitos de peridotita y granulitas de composición feldespática. Se analizaron un total de 54 muestras tanto para elementos mayores (FRX) y elementos Traza y tierras raras (ICP-MS). A partir de los resultados obtenidos se observa: (i) rocas volcánicas del sector oriental presentan una composición con contenidos de (SiO₂)adj, 45.76-48.63% m/m; (MgO)adj, 7.01-7.82% m/m; (Al₂O₃)adj, 13.81-16.58% m/m, y #Mg = 91.15 a 94.24, las composiciones de elementos traza muestran Sc= 0.8-7.6 ppm, Cr= 10.30-141.29 ppm, Ni= 12.09-65.63 ppm, con enriquecimiento en LILE Ba= 50.71-101.02 ppm, Sr= 120.62-389.32 ppm; (ii) rocas volcánicas del sector central presenta (SiO₂)adj, 44.91-48.80% m/m; (MgO)adj, 6.06-7.69% m/m; (Al₂O₃)adj, y #Mg = 90.00 a 94.38, las composiciones de elementos traza muestran Sc= 0.76-22.54 ppm, Cr= 13.80-93.11 ppm, Ni= 6.82-360.93 ppm, con enriquecimiento en LILE Ba= 39.93-678.22 ppm, Sr= 68.04-2047.1 ppm; (iii) rocas del sector occidental tienen (SiO₂)adj, 45.88-49.78% m/m; (MgO)adj, 4.68-7.18% m/m; (Al₂O₃)adj, 16.10-20.53% m/m, y #Mg = 88.87 a 99.06, las composiciones de elementos trazas muestran Sc= 4.32-20.32 ppm, Cr= 32.35-239.71 ppm, Ni= 31.56-230.26 ppm, con enriquecimiento en LILE Ba= 135.12-510.67 ppm, Sr= 256.9-1146.92 ppm. Mediante la aplicación de modelos cuantitativos de fusión parcial se pretende observar que las rocas del CVV-ES Santo muestren grados de fusión, sin embargo, a partir de distintos diagramas bivariados de relaciones de elementos traza y observaciones petrográficas se observa que las rocas volcánicas de presentaron contribuciones corticales durante su evolución.

GEOQP-2

GEOQUÍMICA Y TECTÓNICA DE LA SECUENCIA TERRÍGENA MESOZOICA DE LA REGIÓN DE TLALPUJAHUA, MICHOACÁN

Lerma Rodríguez Omar y Corona Chávez Pedro

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

omar_lrz@hotmail.com

La Región de Tlalpujahua (RT) se localiza al NE del estado Michoacán y al NW del estado de México. En la RT aflora el subterreno Zihuatanejo que es parte del Terreno Guerrero, el cual representa uno de los terrenos tectonoestratigráficos más grandes de México. Dentro de las sucesiones estratigráficas de la RT se han

reportado diferentes secuencias de areniscas que representan una oportunidad para determinar las relaciones de procedencia y correlación tectónica de la RT. Se realizó un estudio de procedencia sedimentaria de la Secuencia Psammitas-Turbiditas (Arcosas) San Pedro (TJ-PTASP), donde esta unidad representaría a la secuencia sedimentaria más antigua y por lo tanto representa al basamento relativo de la secuencia volcánica-sedimentaria Cretácica de la RT. Para este estudio se realizaron secciones geológicas a detalle de las localidades reportadas para la Secuencia Psammitas-Turbiditas (Arcosas) San Pedro (TJ-PTASP), así como dos localidades más en el Arroyo San Lorenzo y Santa María. La secuencia TJ-PTASP está constituida por una serie de intercalaciones de areniscas siliciclásticas de grano fino a medio, presentando variaciones en sus estructuras primarias, como turbidez, de carga, que nos revelan un ambiente de depósito de cuenca profunda. Con base en los análisis petrográficos se observa una predominante abundancia de cuarzo-feldespato y la presencia importante de fragmentos líticos de tipo metamórfico y granítico. En conjunto con los análisis geoquímicos, se han clasificado como arcosas y litarenitas cuarzosas. También, que la secuencia TJ-PTASP proviene de un margen continental pasivo y su composición es contrastante con las areniscas Coloradillas, las cuales son grauvacas y litarenitas con influencia volcánica. Con base en análisis de U-Pb en concentrados de zircones, se obtuvo que las edades de estos minerales detríticos corresponden al Precámbrico, Paleozoico y Triásico, siendo estas últimas las edades máximas de sedimentación. Se interpreta que la secuencia TJ-PTASP se depositó en un ambiente marino profundo de tipo de abanicos submarinos desarrollados en el Triásico inferior, el cual recibió aportes de un basamento continental erosionado. Con la integración de todos los resultados obtenidos se propuso un modelo tectónico de tipo arco insular, indicando que esta Secuencia Psammitas-Turbiditas (Arcosas) San Pedro (TJ-PTASP) es correlacionable con otras secuencias siliciclásticas de Tzitzio y Complejo Arteaga del Terreno Guerrero.

GEOQP-3

METALOGENIA DE SKARNS DE FE (± CU) EN EL DISTRITO MINERO DE CONCEPCIÓN DEL ORO, ZACATECAS, NE DE MÉXICO

Ramos Prado Luis Miguel¹, Velasco Tapia Fernando¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², Ramírez Fernández Juan Alonso³, González Guzmán René³ y Canet Carles²

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

luis.ramosprd@uanl.edu.mx

El distrito minero de Concepción del Oro, Zacatecas es uno de los distritos mineros más importantes y antiguos de México. En ~1,200 km² se concentran yacimientos tipo skarn con mineralizaciones importantes de Pb-Zn, Cu, Ag, Au, sulfuros y óxidos de Fe alrededor del stock granodiorítico – monzonítico. La petrogenesis del plutón ha sido estudiada por diversos autores utilizando herramientas petrográficas, geoquímicas, isotópicas y geocronológicas (c.a. 37-45 Ma). Sin embargo, aún no se cuenta con un modelo paragenético. En el presente estudio se presentan los resultados recabados a partir de: (a) observaciones y mediciones de campo (identificación de litologías, relaciones de campo de las unidades y sistemas de fracturas y fallas), (b) análisis mineralógico (estudio de textura y de fases minerales mediante petrografía, difracción de rayos y microscopía de barrido), (c) análisis geoquímico (química de roca total por medio de, por ejemplo, fluorescencia de Rayos-X, espectrometría de emisión óptica o espectrometría de masas; composición de fases minerales por medio de microsonda electrónica), y (d) características y evolución de fluidos mineralizantes (salinidad, temperatura de homogenización (Th) y mecanismos mineralizantes por inclusiones fluidas). A partir de la discusión de los resultados, se proponen modelos preliminares para los depósitos Sol y Luna, Catarroyo y Aranzazú, que se desarrollaron principalmente en calizas de las Formaciones Zuloaga (Oxfordiano) y Tamaulipas Inferior (Valanginiano-Albiano). Los yacimientos se caracterizan por: (a) metamorfismo de contacto y metasomatismo (mármoles con agregados de granate, diópsido, epidota, clorita y mica); (b) skarn de Fe ± Cu (magnetita-hematita [primaria y secundaria] y, en menor proporción, óxidos de W (scheelita) y sulfuros de Cu-Fe y Bi (pirita, calcopirita y bismutinita, bismutoferrita); y (c) jasperoides (cuarzo criptocristalino-calcita-óxidos de Fe). Los granates muestran composiciones de andradita > grosularia (Sol y Luna: Adr69-75 Grs22-27Al0-4; Aranzazú:

Adr81-99 Grs0-16 Sp0.41-1.69; Catarroyo: Adr96-99 Sp0.10-3.35 y Py0.02-0.44). La presencia de piroxeno (diópsida) es escasa. Estos arreglos minerales son típicos en los skarn $Fe \pm Cu$. El estudio de inclusiones fluidas ha revelado Th de ~370 a 400°C y una salinidad 10 a 13% de NaCl en su etapa prògrada, en donde cristalizaron andradita-grosularia, diópsido, wollastonita y cuarzo. En contraste, la etapa retrograda en la que tuvo lugar el desarrollo de la mena de hierro (magnetita > hematita) se caracterizó por Th de ~190 a 270°C con una salinidad de 5 a 6% de NaCl. El cierre del sistema tuvo lugar a Th < 190°C y una salinidad de 5% de NaCl. Esta última etapa está representada por la formación de jaspeoides, con concentraciones relativamente altas de Zn (735 – 775 ppm), Cu (224 – 239 ppm) y As (279 – 300 ppm), y considerables de Au (259-305 ppb) constituyendo una guía de exploración en el distrito. La información recabada aumentará el entendimiento de los yacimientos mineros en México relacionados con el emplazamiento de rocas plutónicas paleógenas en una secuencia estratigráfica carbonatada.

GEOQP-4

MAGMAS SILÍCICOS EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE MICHOACÁN-GUANAJUATO: UN RESUMEN DE SUS PROCESOS GENÉTICOS Y SU ASCENSO A LA SUPERFICIE

Sosa-Ceballos Giovanni
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
giovannis@igeofisica.unam.mx

El origen de las rocas silícicas en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) ha sido poco estudiado desde que este campo volcánico atrajo la atención de los investigadores. En este trabajo usamos datos geoquímicos, petrológicos y estructurales de la literatura y encontramos que las rocas que se conocen en el CVMG pueden ser divididas en 40% andesitas, 33% andesitas-basálticas, 15% basaltos, 2% traqui-andesitas-basaltos y 10% dacitas-riolitas. Los sistemas estructurales que han deformado la corteza del CVMG son el Sistema de Fallas Taxco-San Miguel, fallas normales orientadas al NNW-SSE y el Sistema de Fallas Morelia-Acambay, fallas transcurrentes sinistral orientadas al ENE-SSW y al E-W. Además de los datos geoquímicos y estructurales de la literatura, realizamos un modelo gravimétrico-magnetométrico para investigar las características del basamento en el cual los magmas adquieren su composición silícica, posiblemente mediante la mezcla de magmas intermedios y rocas graníticas fundidas parcialmente, y una tomografía sísmica para investigar el sistema profundo de conductos donde se origina el magma que forma las rocas silícicas en la superficie. El único trabajo que encontramos en la literatura del CVMG acerca de experimentos de asimilación sugiere que la plagioclasa y el piroxeno se pueden digerir más fácilmente que el cuarzo por un magma caliente. La digestión de estas fases minerales tiene una consecuencia directa para la generación de dacitas y riolitas. Apoyándonos en los métodos reconocidos para generar andesitas en el centro de México, proponemos que los magmas intermedios arriban a la corteza superior y son forzados a evolucionar mediante cristalización y asimilación en zonas locales de compresión. Las zonas de compresión son producidas durante la intersección de dos sistemas estructurales, después de la compresión puede ocurrir una re-orientación de los esfuerzos, la cual permite que los magmas silícicos salgan a la superficie.

GEOQP-5

EVIDENCIA DE LA HIDRATACIÓN DE UNA PERIDOTITA DE LA CUÑA DEL MANTO REGISTRADA EN OLIVINOS DE BAJO CAO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO

Díaz Bravo Beatriz Adriana¹, Ortega Obregón Carlos², Shaaf Peter³ y Solís Pichardo Gabriela⁴

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT
²Centro de Geociencias, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
⁴Instituto de Geología, UNAM
bdiaz@conacyt.mx

El Campo Volcánico de Los Tuxtlas es un centro volcánico aislado que se localiza entre la Faja Volcánica Transmexicana y el Arco Volcánico de Centro América. Sus productos volcánicos incluyen rocas alcalinas (con firma de la subducción variable) y subalcalinas, rocas con alto contenido de MgO y también xenolitos ultramáficos. La mayoría de las suites tienen un contenido de MgO que varía entre 11 a 16% en peso, que refleja un carácter primitivo (Mg# # 66) asociado con fundidos derivados de la fusión de una peridotita y modificados por la sedimentación de cristales en lotes de magma durante su ascenso desde el manto a la superficie. Las composiciones de magma parental fueron reconstruidas utilizando las composiciones significativas de forsterita en olivinos (Fo88 a Fo83) para estimar temperaturas magmáticas que oscilaron entre 1095 y 1372°C. Asimismo, los magmas parentales reconstruidos y los olivinos magmáticos de bajo CaO (< 0.07% en peso) nos permitieron determinar dos rangos principales de contenido de agua disuelta en los magmas que oscilan entre 4 y 6% y 8-9%. Los parámetros estimados de temperatura y de contenido de agua disuelta en los magmas, son similares a los inferidos por los modelos térmicos en el área de estudio, lo que respalda que los productos magmáticos fueron derivados a partir de la fusión de una peridotita de la cuña del manto a condiciones de temperatura y de hidratación relativamente altas. Las composiciones isotópicas indican una firma de tipo high- μ (HIMU; $\mu = 238U/204Pb$) en la fuente peridotítica del manto similar a la identificada a escala regional desde el norte de México hasta Sudamérica. Los olivinos de bajo CaO y su uso como indicador del

contenido magmático de H₂O proporcionan evidencia de la hidratación de la cuña del manto inducida por fluidos derivados de la placa subducida, promoviendo un alto grado de fusión de la cuña del manto y la formación de magmas hidratados con altas relaciones LILE/HFSE. Por otra parte, las composiciones de olivino con un contenido relativamente alto de NiO, registran una contribución mayor de fundidos derivados del manto peridotítico que sobre los dominios del manto ligeramente metasomatizados por fundidos ricos en sílice derivados de la placa. En general, la mayoría de los productos magmáticos registran la fusión y metasomatismo, detonada e inducida por los fluidos y fundidos derivados de la placa subducida, de un manto peridotítico e isotópicamente enriquecido.

GEOQP-6

PETROGÉNESIS DEL MAGMATISMO MÁFICO-INTERMEDIO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE MICHOACÁN-GUANAJUATO: UNA REVISIÓN GEOQUÍMICA

Torres Sánchez Darío¹, Sosa-Ceballos Giovanni¹, Bolós Xavier² y Macías José Luis¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
²University of Hawaii, Institute of Geophysics and Planology, Honolulu, United States of America
drtorres@igeofisica.unam.mx

El campo volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) se localiza en la parte oeste de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, se ha considerado como uno de los campos monogenéticos más grandes y diverso en el mundo el cual contiene cerca de más de 1200 cuerpos volcánicos. La actividad eruptiva del CVMG se remonta a los 7 Ma, y es considerado como un campo volcánico activo, el cual cubre un rango composicional de rocas desde máficas a félsicas. La comprensión de la evolución geoquímica de los productos de este campo volcánico es fundamental para el entendimiento petrogenético del magmatismo en el centro de México. El MGVF ha sido estudiado durante décadas, centrándose principalmente en sus magmas intermedios; sin embargo, el origen y evolución de los componentes máficos y su relación con las rocas intermedias ha sido poco discutido. En el presente trabajo se elaboró una compilación de información geoquímica del CVMG para analizar la petrogenesis de los magmas máficos a lo largo del campo volcánico y el papel que desempeñan en la generación de productos intermedios. Se compiló cerca de 429 datos publicados de muestras de rocas máficas e intermedias. Se propone que los magmas máficos del MGVF se derivan de grados bajos (~ 1-15%) de fusión parcial de una fuente de manto de Iherzolita-espínela, el cual se relaciona con el rápido ascenso de la astenosfera causado por un régimen extensional presente en el área. Por otro lado, los magmas intermedios se dividieron en dos grupos principales: (i) magmas intermedios de alto Mg los cuales se derivan de rangos variables de asimilación y cristalización fraccionada (AFC) de miembros finales de basaltos alcalinos y granitos; y (ii) magmas intermedios de bajo Mg los que no muestran una relación directa con modelos de AFC, pero muestran una relación a procesos de cristalización fraccionada de magmas máficos.

GEOQP-7

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA, MINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE LA FORMACIÓN EAGLE FORD EN LA CUENCA SABINAS, COAHUILA - MÉXICO

Gil Bernal Felipe¹, Enciso Cárdenas Juan Josué², Pi Piug Teresa³ y Núñez Useche Fernando³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas
³Instituto de Geología, UNAM
pipe.gil96@gmail.com

Con el objetivo de determinar las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas que tuvieron lugar en la Cuenca de Sabinas (noreste de México) durante el lapso Cenomaniano– Turoniano, en este trabajo se analiza el registro de los miembros inferior (EFI) y superior (EFS) de la Formación Eagle Ford recuperado en el núcleo IRME-1, desde una perspectiva petrográfica (análisis de microfacies), mineralógica (DRX) y geoquímica (ICP-MS). El EFI está compuesto principalmente por lutitas calcáreas negras ricas en materia orgánica y muestra una textura tipo wackestone rico en radiolarios y filamentos en la parte inferior, la cual cambia a una textura tipo wackestone/packstone con cantidades importantes de foraminíferos planctónicos y ostrácodos en la parte superior. Por otra parte, aunque el EFS en su parte inferior consiste en un wackestone rico en foraminíferos planctónicos, braquiópodos y peces, rápidamente cambia a un wackestone rico en bivalvos con foraminíferos planctónicos y bentónicos, y ostrácodos. La Formación Eagle Ford está dominada por carbonatos, cuarzo, plagioclasa, arcillas, pirita y magnetita. El EFI posee un mayor contenido de cuarzo y arcillas, y presenta aumentos drásticos en el contenido de cuarzo y pirita, mientras que el EFS posee un contenido mayor de carbonatos y algunos aumentos abruptos en el contenido de cuarzo, plagioclasa y arcillas. El Índice Detrítico disminuye desde la base hacia el techo de la unidad. Los valores más altos de los factores de enriquecimiento de los elementos sensibles a las variaciones redox (U, V, Mo) y asociados a la productividad marina (Cu, Zn, Ni) están en la parte inferior del EFI, y descendiendo paulatinamente hacia el EFS. Además, el Índice de Alteración Química (IAQ) tiende a disminuir desde el EFI hacia el EFS. Aunado a esto, los valores de la relación $Al/(Al+Fe+Mn)$ presentes a lo largo de toda la formación Eagle Ford son bastante bajos, indicando que su depósito estuvo influenciado por actividad hidrotermal. Según lo anterior, durante el depósito del EFI se desarrollaron condiciones climáticas cálidas y húmedas en la zona continental que favorecieron el arribo de material detrítico a la cuenca.

Una disminución progresiva de la humedad durante el depósito del EFS disminuyó la entrada de material detrítico, favoreciendo principalmente el depósito de caliza. Un análisis de PCA aplicado a los datos geoquímicos demuestra que ciertos intervalos del EFS fueron depositados bajo condiciones anóxicas y eutróficas, mientras que la mayor parte del EFS fue acumulado bajo condiciones oxigenadas y oligotróficas. Finalmente, la relación $Al/(Al+Fe+Mn)$, asociada al grado de influencia hidrotermal, revela que la deposición de la formación Eagle Ford fue afectada por actividad volcánica submarina, principalmente en su miembro superior. Esta influencia hidrotermal podría estar relacionada con la llegada de una masa de agua boreal con grandes cantidades de material mantélico asociados al emplazamiento de la Gran Provincia Ignea del Alto Ártico, y que llegó a la Cuenca Sabinas a través del Mar Interior Occidental.

GEOQP-8

GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGÍA Y PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS ALCALINAS CON FIRMAS GEOQUÍMICAS TIPO ARCO Y TIPO OIB DE LA SIERRA DE SAN CARLOS-CRUILLAS, NE DE MÉXICO: UNA PERSPECTIVA DEL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL DE MÉXICO

Leal Cuellar Victor Alejandro¹, Ramírez Fernández Juan Alonso², Velasco Tapia Fernando³, González Guzmán René⁴, Solari Luigi Augusto⁵, Montalvo Arrieta Juan Carlos⁶ y Elizondo Pacheco Luis Alejandro⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

victorlealfct@outlook.com

La Sierra de San Carlos-Cruillas (SSCC) localizada en la parte centro-occidental de Tamaulipas, es la expresión hacia el norte del Anticlinorio de Tamaulipas, el cual es una estructura orientada NNW-SSE, compuesta por rocas sedimentarias marinas del Mesozoico y que fueron levemente plegadas y levantadas durante la orogénica Laramide en el Cretácico Tardío y Cenozoico Temprano (93 – 43 Ma). A partir del Eoceno, cuerpos magmáticos alcalinos ultrabásicos-ácidos se emplazaron en la secuencia sedimentaria generando monzodioritas, gabros, sienitas, sienitas nefelínicas (y sus equivalentes subvolcánicos), además de lamprófidos alcalinos y cuellos volcánicos de composición basanítica. Este magmatismo forma parte de la Provincia Alcalina Oriental de México (PAOM). Las rocas magmáticas de la SSCC se distribuyen en cuatro sectores principales: (1) Sierra Chiquita y Bufa del Diente, (2) Sierras Bajas, (3) Campo Subvolcánico de Burgos y (4) Complejo Hipabisal San Lázaro. El estudio detallado de la geoquímica de elementos mayores y elementos traza indican que las rocas magmáticas fueron formadas a partir de la fusión parcial de dos componentes mantélicas. La primera está relacionada a un manto metasomatizado por antiguos eventos de subducción los cuales generaron magmas con firma geoquímica tipo arco con altas relaciones LILE/HFSE que resultaron en las rocas monzodioríticas y gabroicas del área de San José. La segunda es un manto afectado por fluidos astenosféricos con una componente carbonatítica menor, las cual genero magmas tipo OIB con bajas relaciones LILE/HFSE que derivaron en el resto de las litologías del complejo. Edades U-Pb en zircones y titanitas indican que los gabros, sienitas y sus equivalentes subvolcánicos se generaron entre los 35 – 27 Ma mientras que las rocas monzodioríticas y gabroicas del área de San José entre los 39 – 37 Ma. Zircones heredados del Pérmico, Triásico y Cretácico en las monzodioritas indican que esos magmas tuvieron la participación de contaminación cortical durante su ascenso. Integrando toda la información obtenida, se propone que el pasaje y hundimiento de la meseta oceánica de Hess bajo el NE de México durante el Cenozoico, generó un ascenso astenosférico que provocó la fusión parcial de ambas componentes metasomatizadas del manto, lo que derivó en la generación de los diferentes tipos de magmas bajo la SSCC. En contraste con los modelos clásicos para la formación de la PAOM, se sugiere que no es necesaria la existencia de un arco magmático en el NE de México durante el Cenozoico.

GEOQP-9

ESTRATIGRAFÍA QUÍMICA Y PETROLOGÍA EN IGNIIBRITAS RIOLÍTICAS DEL SECTOR CENTRAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, COMO HERRAMIENTA PARA DIFERENCIAR UNIDADES ERUPTIVAS

Lara González Gabriela del Carmen¹, Dávila Harris Pablo² y Martin Aaron²

¹Posgrado en Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

²División de Geociencias Aplicadas, IPICYT

gabriela.lara@ipicyt.edu.mx

La diferenciación de ignimbritas en unidades eruptivas y la zonificación composicional de sus clastos juveniles son temas poco abordados en la estratigrafía y petrogénesis de la Sierra Madre Occidental (SMO), aun cuando su reconocimiento permite la reconstrucción de procesos pre- a sin-eruptivos, y sus relaciones con la dinámica eruptiva. Este trabajo tiene por objeto (1) determinar las variaciones composicionales entre las ignimbritas riolíticas del sector central de la SMO para su diferenciación en unidades eruptivas; y (2) establecer la petrogénesis mineral de los magmas que las produjeron buscando una relación espaciotemporal entre los resultados obtenidos y las investigaciones petrogenéticas previas. Para ello, se

realizó el levantamiento de perfiles estratigráficos ubicados en seis localidades a lo largo del transecto Durango-El Salto-Villa Unión. Las localidades, de oriente a poniente del transecto, fueron denominadas "Cebollas", "Río Chico", "Canoas", "El Salto", "Picachos" y "Villa Unión", de donde se obtuvieron muestras para petrografía, geoquímica y geocronología. La caracterización geoquímica se llevó a cabo (1) en roca total por FRX e ICP-Masas; y (2) en minerales individuales analizados vía EPMA, separando las fases feldespato alcalino, plagioclasa, biotita y óxidos de Fe-Ti. Los datos geocronológicos fueron adquiridos por Ar-Ar en sanidinas. Estratigráficamente, Cebollas está compuesta por depósitos de caída y tobas masivas consolidadas a ligeramente soldadas, que contienen matriz microlítica y un ensamble mineral de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa sódica y óxidos de Fe-Ti. Los feldespatos alcalinos (principalmente esqueléticos, zonados y/o engolfados) se presentan en sus variedades sanidina (An2-3Ab48-50Or48-52) y anortoclasa (An3-11Ab59-81Or10-39), mientras que las plagioclasas sódicas son del tipo oligoclasa (An7-23Ab72-80Or5-20). Las permutaciones químicas en la mineralogía de Cebollas sugieren una firma más evolucionada hacia la cima de la secuencia. La columna estratigráfica de Río Chico está conformada por depósitos de caída con estratificación paralela planar y tobas masivas consolidadas. Mineralógicamente, comparte ensamble mineral con las secciones de Canoas y Picachos; presentando cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa sódica, biotita y óxidos de Fe-Ti. Las sanidinas (An0-1Ab32-37Or62-67) y oligoclasas (An11-14Ab78-81Or6-9) de Río Chico guardan cierta relación con las sanidinas (An0-1Ab34-37Or62-64) y oligoclasas (An11-14Ab78-81Or7-8) de las tobas basales de Picachos y el depósito de caída reportado en Canoas. Asimismo, la geoquímica de roca total reporta anomalías positivas en Pb y anomalías negativas en Ba, Sr, Eu y Ti. Particularmente, algunas de las ignimbritas individuales de El Salto muestran zonificación composicional en sus pómez (algo previamente no documentado), presentando plagioclasa tipo oligoclasa, andesina y labradorita; lo que sugiere una firma menos evolucionada en comparación con las ignimbritas del primer flare-up. A través de la evaluación de la geoquímica de roca total y mineral, y del modelado petrogenético desde un enfoque más local y apoyado con control estratigráfico, se pretende aumentar el conocimiento de la evolución magmática de la provincia ignea silícica de la SMO. Proyecto financiado por el fondo CONTEX, proyecto 2019-64.

GEOQP-10

BÚSQUEDA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROMETEORITOS EN LA ZONA URBANA DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

González Medina Karla Guadalupe¹, Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth² y Aguilón Robles Alfredo³

¹Posgrado de Geología Aplicada, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

³Instituto de Geología, UASLP

karlagonzalezmedina05@gmail.com

Los micrometeoritos son partículas con tamaños entre los 10 micrómetros y los 2 milímetros. Este tipo de partículas pueden recuperarse en la superficie terrestre y se estima que caen alrededor de miles de toneladas por año en la Tierra. El material meteorítico se puede recolectar con frecuencia en zonas polares ya que se conservan mejor por más tiempo, sin embargo, recientemente se ha implementado la búsqueda de micrometeoritos en zonas urbanas. En este trabajo se presentan los resultados de la búsqueda y la caracterización de micrometeoritos en la zona urbana de San Luis Potosí con el objetivo de investigar su composición química y la morfología. La metodología que se utilizó para la obtención de las partículas consistió en la recolección, tamizado, limpieza y separación magnética del material. Las técnicas analíticas que se utilizaron fueron la microscopía electrónica de barrido para el estudio morfológico y la química superficial de las esferas. La espectroscopia micro-Raman se utilizó para corroborar la mineralogía. Las esferas encontradas se clasificaron en dos grupos: las tipo I y las tipo S. Las esferas tipo I se caracterizan por tener óxidos de hierro como la de wüstita y hematita, en menor cantidad se detectó Si, Al, Co y Ca. Las características de las esferas de tipo I son consistentes con un origen industrial. Las esferas de tipo S se caracterizan por tener olivino (rango de Fa20 a Fa38) con textura de barras de cadena y dendritas de magnetita con una textura de "christmas tree". Una de las esferas presenta una perla de Ni (82.34 % en peso). Las características químicas y texturales son correspondientes a micrometeoritos totalmente fundidos. Los sedimentos estudiados en la zona urbana de San Luis Potosí dieron como resultado algunos micrometeoritos, lo cual abre la puerta para que se inicie una colección de micrometeoritos en México. Agradecemos el apoyo económico de los proyectos PAPIIT IN117619 y CONACYT 15303.

GEOQP-11

EVOLUCIÓN MAGMÁTICA DEL DISTRITO MINERO "GUERRERO GOLD BELT", GUERRERO MÉXICO

García Kathia¹, Levresse Gilles², Montoya Paula³, Landon Nicolas⁴ y Betancourt Jennifer⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Universidad del Norte

⁴TorexGold

kathiagd@ciencias.unam.mx

El Guerrero Gold Belt (GGB) se encuentra en la sierra Madre del Sur, en el Estado de Guerrero, México. Esta conformado por un conjunto de depósitos minerales de tipo skarn ricos en Fe/Au, (el limón, Filos, y próximamente Media Luna). El GGB

es uno de los cinturones de mineralización de oro más importantes de México con reservas de más de ca. 10 Moz de oro. En la actualidad, la mayoría de los estudios sobre el GGB relacionan diferentes estilos de mineralización Au-Ag#Cu como una variación del desarrollo de un único evento de tipo skarn relacionado con el emplazamiento de una granodiorita de edad Paleoceno (ca. 68-63 Ma; Nukay, Filos, Bermejil, Limón, Ana Paula). La exploración y desarrollo del área Media Luna y de las áreas circundante a las áreas mineralizadas de El Limón evidenciaron la existencia de uno o varios eventos magmáticos posteriores y de uno o varios eventos mineralizados puntuales ricos en Cu, Zn, Ag en otros. Los intrusivos muestreados en este estudio son los intrusivos circundantes a la zona productiva de la mina El Limón. Las áreas de muestreo son conocidas como Victoria, Querenque, La Esperanza, Tecate y la Montaña de hierro. No existe evidencias de campo que permita relacionar los intrusivos cronológicamente entre sí y con las áreas productivas (El Limón y el desarrollo de Media Luna). Los intrusivos presentan una textura porfídica con matriz microcristalina con diferente grado de cristalinidad, siendo Victoria el que presenta un mayor grado de cristalización. Petrográficamente todos los intrusivos presentan una composición mineralógica comparable, con fenocristales de plagioclasas, cuarzo y biotita. Victoria y Querenque se diferencian por la presencia importante de fenocristales de hornblenda. Los minerales accesorios observados en todas las muestras son circones y apatitos. En Victoria se observó además la presencia de titanitas. A la excepción del intrusivo de Tecate, los demás intrusivos presentan un vetillero hidrotermal de calcita tardía. Petrográficamente las muestras son identificadas como monzonitas y granodiorita. Esta caracterización se confirma con sus posiciones químicas en el diagrama TAS. En el diagrama de SiO₂ vs K, se evidencia su enriquecimiento en potasio. En los diagramas de Pierce, (1984) todas las muestras se ubican en el campo de arco magmático al igual que las granodioritas mineralizadas de la literatura. Los intrusivos circundantes a la zona productiva (Media Luna, El limón y Los Filos), presentan una composición mineralógica y química un poco más máfica que las granodioritas mineralizadas. El rango de edad de emplazamiento del conjunto de intrusivo esta por determinarse. Los datos de química mineral, sobre biotita, anfíboles (como geotermómetro y barómetro) y circones (como indicadores de fertilidad) serán claves para ilustrar la dinámica de emplazamiento de las diferentes intrusiones y su potencial relación con el evento de mineralización.

GEOQP-12

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CAMPO VOLCÁNICO ALCALINO DE ALDAMA, TAMAULIPAS

Rivera García José Jovany¹, Ramírez Fernández Juan Alonso¹, Velasco Tapia Fernando¹, Salinas Jasso Jorge Alán¹, Orozco Esquivel María Teresa² y Stockil Daniel³

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

² Centro de Geociencias, UNAM

³ Jackson School of Geosciences, U Texas

jjovany11@hotmail.com

El Campo Volcánico de Aldama forma parte del vulcanismo periférico de la Sierra de Tamaulipas, el cual ha sido considerado como parte de la Provincia Alcalina Oriental de México. Sin embargo, en base a las edades reportadas para este campo (8.6 – 0.24 Ma) así como a las características geoquímicas, puede ser considerado como parte de un sistema de magmatismo alcalino distribuido en el noreste de México. Este campo presenta evidencias de vulcanismo explosivo como conos cineríticos, con evidencia de actividad tectónica subreciente a manera de fallas normales. También están presentes anillos de toba y estructuras freatomagmáticas atestiguan la interacción magma-cuerpos de agua. Por otro lado, se observa una serie evolutiva magmática de rocas básicas a intermedias. Los magmas básicos tuvieron vías favorables para un ascenso relativamente rápido en comparación con los más evolucionados. De acuerdo a la información preliminar los miembros básicos (basalto alcalino, hawaítas, mugearitas) son los más antiguos del área y se concentran en la parte sur y norte del campo. Las rocas intermedias (benmoreitas, traquitas) son las más jóvenes, ubicándose en la parte central del campo principalmente a manera de domos y derrames. Tomando como base el modelo más reciente propuesto para la génesis del magmatismo del complejo de la Sierra de San Carlos, el magmatismo de Aldama estaría asociado con el detachment de la placa litosférica subducida. Posteriormente debido al hundimiento del sector engrosado con la conjugada de Hess se habrían generados convecciones locales en el manto, las cuales darían lugar al magmatismo alcalino más joven del Campo Volcánico de Aldama.

GEOQP-13

MODELADO NUMÉRICO 2D DE LOS PROCESOS DE INTERACCIÓN FLUIDO-ROCA EN EL YACIMIENTO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES (LTV)

Peña Beltrán Yesica Ximena¹, Gómez-Arias Efraín², Tello-Hinojosa Enrique³, Delgado Argote Luis Alberto¹ y Barón-Sevilla Benjamin¹

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

² CONACYT - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

³ Geocómsul, S.A. de C.V.

ypena@cicese.edu.mx

En las últimas décadas, ha incrementado el interés por la energía geotérmica y con ello, se han realizado diferentes esfuerzos científicos para entender el comportamiento termodinámico-químico de los reservorios en sistemas geotérmicos. Acorde con

lo anterior, este trabajo pretende mejorar el entendimiento de los procesos de interacción fluido-roca en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes (CGLTV), el cual se encuentra ubicado en la Península de Baja California, México. Estudios recientes han estimado temperaturas de equilibrio fluido-roca del yacimiento entre 240-270°C y han identificado que las fases mineralógicas que controlan la composición de los fluidos de descarga corresponden a la albita y la microclina. Adicionalmente, se han desarrollado nuevos geotermómetros de solutos basados en la composición química de los fluidos de descarga del yacimiento, estimando temperaturas con errores promedio de 4% respecto a la geotermometría clásica. Con el fin de modelar y comprender como está variando la distribución espacial de los principales cationes (Na, K, Ca y Mg) presentes en el fluido del CGLTV con respecto a la temperatura del yacimiento, se discretizó la ecuación de advección-dispersión para el transporte de solutos en 2D utilizando el método de volumen finito (FVM) o método de volumen de control (CVM). Los resultados de la modelación numérica 2D permitirán determinar las condiciones termodinámicas-químicas iniciales de la roca y del fluido geotérmico (concentraciones, temperaturas y presiones), conocer la interacción fluido-roca del yacimiento, estimar el campo de temperaturas que explica la composición química actual del fluido, y verificar si las temperaturas estimadas corresponden a las temperaturas de fondo de pozo (BHT) reportadas para los pozos LTV-1, LTV-3, LTV-4, LTV-5, LTV-6, LTV-8, LTV-11 y LTV-13, respectivamente. Adicionalmente, el modelo numérico nos permitirá verificar que las fases mineralógicas de albita-microclina controlan la composición química de los fluidos de descarga en los pozos y mejorar el desarrollo de geotermómetros de Na/K basados en actividades iónicas para la estimación de temperaturas de yacimiento en el LTVGF. El código ha sido desarrollado en FORTRAN y acoplado a un código de transferencia de calor conductivo-convectivo.

GEOQP-14

PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ALTERACIONES EN ROCAS DEL COMPLEJO ULTRAMÁFICO-MÁFICO DE SAN JUAN DE OTATES, LEÓN (GUANAJUATO)

Lázaro Paz Cinthia Carina¹, Colás Ginés Vanessa², Pineda Rodríguez

Nathalia³, González Jiménez José María¹, Camprubí i Cano

Antoni⁴, Proenza Fernandez Joaquin Antonio⁵ y Marchesi Claudio⁶

¹ Facultad de Ciencias, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

³ Universidad Nacional de Colombia

⁴ Universidad de Granada

⁵ Universitat de Barcelona

cinthia.lp_137@ciencias.unam.mx

El complejo ultramáfico-máfico de San Juan de Otates (Guanajuato, Centro de México) está constituido por piroxenitas y peridotitas (i.e., clinopiroxenitas, clinopiroxenitas olivínicas, wehrlitas y dunitas). Las peridotitas muestran diferentes grados de serpentinización que se concentra en zonas de fracturación y/o cizalla y, según las asociaciones minerales, relaciones texturales y geoquímicas, se pueden diferenciar en: i) peridotitas parcialmente alteradas, (<40% de reemplazamiento), con clinopiroxenos primarios, serpentina con texturas pseudomórficas (i.e., malla en los bordes y núcleos y reloj de arena), alta pérdida por calcinación (LOI, por sus siglas en inglés) y contenido en MgO, y bajo contenido en CaO y SiO₂; ii) serpentinitas pseudomórficas (>90% de reemplazamiento), sin clinopiroxeno, pero con serpentina pseudomórfica, venas rellenas de sílice y contenidos muy elevados en LOI y MgO, pero bajos en SiO₂ y CaO; y iii) serpentinitas silico-carbonatadas (80-100% de reemplazamiento), con escasa serpentina pseudomórfica, venas rellenas de cuarzo y/o dolomita, y valores muy elevados en SiO₂, pero muy bajos en LOI. Este último grupo de serpentinitas incluye a las birbiritas (i.e., serpentinitas donde los minerales han sido reemplazados principalmente por cuarzo), que se caracterizan por presentar las mayores concentraciones de elementos del grupo del platino (EGP > 377 ppm) en comparación con los otros tipos de serpentinitas (EGP < 30 ppm). Los resultados mineralógicos y geoquímicos obtenidos mediante difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y microsonda electrónica, sugieren que las peridotitas fueron serpentinizadas y, subsecuentemente, afectadas por procesos de silicificación y carbonatización. La serpentinización promovió la reacción de las peridotitas con fluidos ligeramente enriquecidos en sílice, baja actividad de CO₂ y baja fugacidad de oxígeno y azufre, debido a la alteración de los olivinos y piroxenos, formando serpentina pseudomórfica y promoviendo la movilización de EGP, Au y Ag. En cambio, durante la carbonatización la serpentina reaccionó con fluidos con una mayor actividad de CO₂ y fugacidad de oxígeno y azufre, formando venas de dolomita. Finalmente, la silicificación provocó la reacción de la serpentinita con fluidos enriquecidos en sílice, posiblemente procedentes de los cuerpos de tonalita adyacentes al complejo, disolviendo la dolomita y precipitando cuarzo. Este proceso formó birbiritas con alto contenido en EGP, sugiriendo que la silicificación pudo promover la precipitación de EGP, Au y Ag en dichas rocas. Por tanto, podemos establecer de manera preliminar una posible relación entre los procesos de alteración registrados en las peridotitas del complejo ultramáfico-máfico de San Juan de Otates y la removilización de elementos de interés económico (ej., EGP, Au y/o Ag) en la región minera de León-Guanajuato. Sin embargo, es necesario realizar estudios adicionales para establecer el origen de los EGP y los fluidos enriquecidos en CO₂ y SiO₂.

GEOQP-15

A REACTIVE TRANSPORT MODEL TO ASSESS THE HYPOTHESIS OF DEEP LATERAL FLOW IN THE HIDDEN GEOTHERMAL SYSTEM OF THE ACOCULCO CALDERA COMPLEX

Santos Raga Gustavo, Guerrero Fernando y Santoyo Edgar
 Instituto de Energías Renovables, UNAM
 gusara@ier.unam.mx

Reactive Transport Modelling (RTM) is an approach to assessing energy transfer coupled with chemical reactions in geological systems. It is currently applied to the study of processes such as weathering, geological carbon storage, hydrothermal flow, acid mine drainage remediation, and groundwater quality. The present work reports the results of a reactive transport model applied to the hidden Acoculco Geothermal System (AGS). This hidden geothermal system is characterised by active hydrothermal alteration (argillic alteration), cold springs with acidic fluids, and cold-gas emissions with near ambient surface temperatures. Based on an early exploration programme conducted by the Comisión Federal de Electricidad (CFE), which reported high-temperature gradients with low permeability, the system was proposed as a Hot-Dry Rock system. A new geochemical prospection of this geothermal system carried out by Santos-Raga et al. (2022) identified a bimodal frequency distribution of pH in cold and hot spring waters with a clear dilution pattern from acid to neutral waters and a deep preferential flow path from the zone inside the caldera (ZIC), to the zone outside the caldera (ZOC). Moreover, this geochemical signature agrees with the concentration patterns of Rare Earth Elements found in surface water and outcropping rock samples. Overall, the fluid geochemistry of the system evidences a high-temperature rock reservoir with pH mineral buffers and temperatures that range from 200°C to 300 °C. These REE concentrations seem to dominate with a preferential transport path from deep heat conduction processes at the ZIC to shallow geothermal manifestations at the ZOC, which is consistent with the presence of hot spring waters with surface temperatures up to 54 °C in the southeast. Based on these geochemical behaviours, a lateral flow model is proposed to assess this hypothesis with the approach of reactive transport. The model is defined under the assumption of 1D radial geometry and is implemented in TOUGHREACT. The model has been applied to evaluate the deep lateral fluid flow pathways, kinetic mineral-water reactions and fractionation of trace elements under a set of initial and boundary conditions.

GEOQP-16

DATACIÓN IN-SITU POR TRAZAS DE FISIÓN DE APATITO, TITANITA Y ZIRCÓN MEDIANTE LA TÉCNICA LA-ICPMS

Abdullin Fanis¹ y Noury Mélanie²
¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT
²ERNO, Instituto de Geología, UNAM
 fanis@geociencias.unam.mx

Las trazas (huellas) de fisión espontánea se forman a velocidades bastante bien conocidas. Para poder datar un mineral enriquecido en Uranio (por ejemplo, zircón, titanita) con la técnica de trazas de fisión, básicamente necesitamos determinar dos variables; a saber, la concentración del isótopo padre (U-238) y la densidad de trazas espontáneas que son daños naturales en la estructura cristalina generados por el viaje de los isótopos hijo. Es relativamente sencillo cuantificar la densidad de trazas de fisión espontánea usando un microscopio petrográfico. Tradicionalmente, se requiere el uso de un reactor nuclear bien calibrado para la irradiación de las muestras con el fin de obtener las concentraciones del isótopo padre (es decir, contando las trazas inducidas). Todo esto proceso es poco práctico y requiere un gran esfuerzo, tiempo, así como muchos recursos financieros. A partir de los años 2000-2005 (Cox et al., 2000; Svojtka y Košler 2002; Hasebe et al., 2004; Donelick et al., 2005), se desarrolla la metodología alternativa que se basa en la determinación directa de la concentración de U-238, normalmente utilizando un instrumento LA-ICPMS. El método basado en LA-ICPMS tiene muchas ventajas si se compara con los métodos convencionales. Por ejemplo, la técnica alternativa no requiere la irradiación de muestras, es extremadamente rápida, confiable, y es de bajo costo. Además, al momento de medir U-238 directamente con LA-ICP-MS, simultáneamente se obtienen las concentraciones de elementos traza y Tierras Raras y las relaciones isotópicas para el sistema U-Pb. Eso permite realizar la doble datación por trazas de fisión y U-Pb de los minerales principales como apatito, zircón y titanita de manera rutinaria, lo cual tiene muchas aplicaciones geológicas, sobre todo para los estudios tipo source-to-sink. En este trabajo, platicaremos sobre la técnica trazas de fisión in-situ y presentaremos algunos ejemplos de fechamiento de apatito, titanita y zircón en muestras desconocidas.

GEOQP-17

ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL CONTENIDO DE TIERRAS Raras E ITRIO EN CONCHAS SUBFÓSILES DE POLYMESODA RADIATA (MOLLUSCA: BIVALVIA) DEL HOLOCENO MEDIO (NORGRIPIANO) PROVENIENTES DE LA REGIÓN CHANTUTO-SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO

Alvarez Icaza Pastor Guadalupe¹, Sánchez-Beristain Francisco², García-Barrera Pedro³ y Bernal Juan Pablo⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM-Juquila
³Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM
⁴Centro de Geociencias, UNAM
 teleidiomas@gmail.com

Se efectuó un análisis geoquímico del contenido de tierras raras e itrio (REE + Y) en conchas subfósiles de *Polymesoda radiata* (Mollusca: Bivalvia) para ofrecer una reconstrucción paleoambiental de la región del Chantuto-Soconusco donde se distribuyen registros arqueofaunísticos de 7500-5500 años de edad (Holoceno medio, Norgripiano). Los resultados de las concentraciones de REE + Y normalizados al estándar PAAS muestran anomalías positivas de La, Gd, e Y, así como una anomalía negativa de Ce. El patrón de distribución de REE + YSN revela un ligero agotamiento de HREE contra LREE y MREE. Estos valores apuntan a un patrón de agua de mar en contacto con agua dulce. Los cocientes Y / Ho se encuentran entre 24.442 y 35.153 (promedio = 29.218). Los valores más altos concuerdan con un patrón de distribución de agua marina cercana a la costa, mientras que los valores más bajos serían indicadores de afluencias terrígenas o dulceacuicolas, concordantes con un ambiente estuarino. La anomalía de Gd, firma típica de agua de mar, permite descartar contaminación antrópica en las muestras. Los resultados obtenidos reflejan la viabilidad de *Polymesoda radiata* como proxy para el estudio de las concentraciones de REE + Y en ambientes salobres.

GEOQP-18

FLUID-INDUCED FAULT REACTIVATION DUE TO BRUCITE + ANTIGORITE DEHYDRATION TRIGGERED THE MW7.1 SEPTEMBER 19TH PUEBLA-MORELOS (MEXICO) INTERMEDIATE DEPTH EARTHQUAKE

Gutiérrez Aguilar Fabián¹, Hernández Uribe David², Holder Robert M.³ y Condit Cailey B.⁴

¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Department of Earth and Environmental Sciences, University of Illinois Chicago, Chicago, IL, USA
³Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
⁴Earth and Space Sciences Department, University of Washington, Seattle, WA, USA
 fabian.gutierrez.379@gmail.com

The Puebla-Morelos (Mexico) 2017 earthquake nucleated ~250 km from the trench within the Cocos plate mantle. Here, we argue that this earthquake resulted from changes in effective stress due to the reaction brucite + antigorite = olivine + H₂O leading to the reactivation of pre-existing seafloor faults. Fluid release and volume increase likely occur along seafloor-inherited faults which served as fluid pathways, hydrating upper portions of the lithospheric mantle before subduction. The amount of H₂O released, and magnitude of volume change depends on the degree of faults hydration; only highly hydrated alignments will stabilize brucite, and thus, experience this reaction at depth. We further posit that the progressive fluid release associated to this reaction may facilitate slow slip along the slab top. The brucite + antigorite dehydration reaction may be key for intermediate seismicity worldwide.

GEOQP-19

EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA Y GEOLÓGICA PARA LA ZONA TERMAL DE PURUÁNDIRO, MICHOACÁN

Castillo Athenea¹, Villanueva Ruth Esther¹, Pérez Martínez Isabel², Israde Alcántara Isabel³, Pano Norma Susana¹, Ceniceros Nora Elia¹ y García Felipe¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
²CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM
³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
 atcastilloram@gmail.com

México tiene un potencial geotérmico energético estimado en 40,000 MW; no obstante, su capacidad eléctrica operativa hasta el momento es de 950 MW (CeMIEGeo, 2019). Con estas cifras, es evidente el requerimiento de apoyo para la exploración geotérmica de sitios nuevos en nuestro país, con adicional impulso a recursos de mediana y baja temperatura, dadas sus diferentes aplicaciones como deshidratación de frutas y verduras, invernaderos, acuicultura, secado de madera, cemento y textiles, biogás, balneología, calefacción, entre otras. La zona de estudio, correspondiente a la Cabecera Municipal de Puruándiro ("lugar donde hierve el agua"), Michoacán, se encuentra alojada dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) y del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). En ella, se desconoce el aspecto geológico y geoquímico, así como el origen de las manifestaciones termales y su sistema a profundidad, aunado a que la comunidad y autoridades desconocen los usos que puede tener su yacimiento termal. Por ende, sólo se tiene el uso de balneología mediante dos pequeños parques acuáticos, y la actividad de aseo personal en espacios abiertos con escasa higiene sanitaria,

que implica contaminación por químicos y residuos llevados a los manantiales. Es entonces, imprescindible conocer la interrelación de las manifestaciones termales con el entorno, a partir de un análisis geoquímico y geológico-estructural, con lo cual se otorgue una propuesta a autoridades, ejidatarios y población en general sobre proyectos de uso directo, a partir de los cuales se puede tener un incremento en el desarrollo económico y social de la comunidad. Lo anterior, toma relevancia dado que no se cuenta con un estudio del lugar que describa la composición química de los fluidos, a la par de las estructuras que los conducen a la superficie. Como consecuencia, el estudio se basa en una caracterización geoquímica de las manifestaciones termales y pozos hídricos de la Cabecera Municipal de Puruándiro, la identificación de fallas, fracturas, alteraciones y minerales hidrotermales, y en la estimación de la temperatura del reservorio mediante geotermómetros de sílice y cationes, para entonces a partir de ella y de las principales actividades económicas y domésticas de la zona de Puruándiro proponer alternativas de uso directo del calor del interior de la Tierra.

GEOQP-20

¿QUE MÉTODO DE CONCENTRADO DE MINERALES PESADOS USAR? “MESA WILFLEY Y LÍQUIDOS PESADO VS DECANTACIÓN Y BATEO” PARA ANÁLISIS GEOCRONOLÓGICOS POR EL MÉTODO DE U-PB

Hernández Treviño Teodoro¹, Díaz Rocha David², Schaaf Peter³, Martínez Serrano Raymundo³, Solís Pichardo Gabriela⁴ y Arrieta García Gerardo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

tht@geofisica.unam.mx

En este trabajo hacemos una comparación de dos métodos de separación de minerales pesados para estudios geocronológicos. El primero es por Mesa Wilfley y líquidos pesados; el más aceptado y utilizado durante varias décadas. El segundo método es el de Decantación y Bateo como nuevo método desarrollado en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica del Instituto de Geofísica de la UNAM. La contribución de este trabajo es para hacer conciencia de como los métodos de geocronología que se han desarrollado en este nuevo milenio, requieren cantidades mínimas de concentrados minerales 100% puros, cero contaminación y tiempos mínimos de separación por la rapidez con la que miden estos equipos. Los resultados de comparación entre ambos métodos servirán para que el usuario de datos geocronológicos utilice el método que crea más eficiente. Los datos geocronológicos que se presentan fueron obtenidos en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias UNAM, Juriquilla Querétaro. Vamos a comparar: Infraestructura, equipos, herramientas y técnicas de concentración, tiempos de concentración y resultados de una muestra separada por ambos métodos donde veremos volumen de tamaños de circones, gráficas de distribución de edades contra número de circones fechados, diagramas de concordia y por último, mostraremos las edades con sus errores obtenidas para cada método. La idea es comparar ambos métodos por la creciente necesidad actual de obtener datos geocronológicos por el método de U-Pb con equipos de última generación como: TRITON - TIMS (Thermal ionization mass spectrometry), NEPTUNE - LA ICP MS (Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry), SHRIMP - (Sensitive high resolution ion microprobe). Estos equipos requieren de un mínimo de cristales para obtener análisis geocronológicos.

GEOQP-21

RASGOS GEOQUÍMICOS Y GEOCRONOLÓGICOS EN EL SECTOR CENTRO-NORTE DEL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ

Cazares Moreno Alexandra Daniela, Pérez Venzor José Antonio, Delgado Argote Luis Alberto, Schaaf Peter, Robles Martínez Julissa y Camarena Vázquez Jesús Guillermo

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

acazares_13@alu.uabcs.mx

En la Provincia Geológica Complejo Plutónico de La Paz afloran rocas metamórficas derivadas de protolitos ígneos y sedimentarios. Estos forman parte del basamento donde fueron emplazados los plutones pre y pos-tectónicos de la provincia. Las características de las rocas metamórficas e intrusivas reflejan parte de la evolución geológica de la región, así como las condiciones de metamorfismo y los diferentes episodios magmáticos. Actualmente falta estudiar en detalle ciertas regiones para reconocer la evolución de las rocas metamórficas y plutónicas y la relación que existe con la región NW de México y los arcos Alisitos y Guerrero. Dadas las similitudes litológicas, geoquímicas y geocronológicas, a las rocas plutónicas del Complejo Plutónico de La Paz se les ha relacionado con otras regiones del país. Esto no sucede con las rocas metamórficas que presentan controversia en edad, ambiente sedimentario y procedencia. Las rocas ígneas en el área de estudio se clasifican como rocas básicas y tienen una afinidad calcoalcalina, mientras que las rocas metaígneas son ácidas, con afinidad cálcica. Los diagramas de discriminación de ambientes tectónicos posicionan las rocas ígneas y metaígneas dentro de rocas de arcos volcánicos, según el comportamiento de los elementos mayores y elementos traza de las muestras analizadas. Las tierras raras tienen un comportamiento similar a las rocas previamente analizadas para la Provincia, con un enriquecimiento en tierras raras ligeras, respecto a la condrita. Los fechamientos de U-Pb en circones

detriticos individuales arrojan edades máximas de depósito de 216 Ma en rocas metasedimentarias de grano fino (filitas). Mientras que en rocas de grano más grueso (esquistos), la edad máxima de depósito es de 97 Ma. Las rocas metaígneas registran eventos de 78 Ma en la sección del El Triunfo, mientras que, al centro del área de estudio, en Valle Perdido, las rocas miloníticas presentan edades de 144 Ma. La edad obtenida en los endocontactos, al centro del Complejo Plutónico de La Paz, es de un intrusivo tonalítico que exhibe una edad media ponderada de 73 Ma. Mientras que en los contactos (ígneos con metamórfico) se obtuvieron edades medias ponderadas en las rocas ígneas de 96 y 102 Ma en el área de estudio. Esto implica distintos eventos de deformación y emplazamiento ocurridos en el contexto regional. El estudio en desarrollo aportará información de la evolución geológica regional y el occidente de México, principalmente en lo que se refiere las rocas metamórficas y su relación con los arcos magmáticos Jurásicos, Cretácicos y Cenozoicos tanto continentales como oceánicos.

GEOQP-22

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS DE LA SIERRA LA GATA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Robles Martínez Julissa¹, Pérez Venzor José Antonio¹, Delgado Argote Luis Alberto², Aranda Gómez José Jorge³, Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹ y Cazares Moreno Alexandra Daniela¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

jul.roblesma@gmail.com

La Sierra La Gata es un sistema montañoso ubicado aproximadamente a 55 kilómetros al sureste de la ciudad de La Paz. Trabajos previos realizados en la sierra reportan, granitos leucocráticos con granate, migmatitas, paragneises, ortogneises y esquistos. Las migmatitas asociadas a los granitos y rocas metamórficas presentan una variación desde metatexitas hasta diatexitas, y el desarrollo de estructuras que implican la participación de diferentes protolitos y condiciones variables de fusión. Actualmente, existe poco trabajo en detalle enfocado a caracterizar las relaciones entre texturas, estructuras, protolitos y condiciones de fusión en las rocas de la sierra La Gata. Si las migmatitas son evidencia de procesos de fusión parcial, entonces es importante conocer sus relaciones con las rocas metamórficas asociadas para establecer su origen y el papel que desempeñaron en la generación de magmas graníticos anatócticos en la sierra La Gata y su relación en el contexto a nivel regional. El trabajo de campo permitió reconocer y documentar las diferentes unidades litológicas, así como caracterizar las distintas variaciones litológicas y estructurales en las migmatitas. Lo anterior permitió inferir las condiciones de formación de las rocas metamórficas en la sierra La Gata. Las características analizadas indican condiciones de metamorfismo de grado medio a alto, sin alcanzar la facies de granulita. Los circones separados de cinco muestras de rocas metamórficas, incluyendo a las migmatitas del área de estudio, fueron fechados por el método de U-Pb. Los resultados obtenidos muestran una diversidad en sus edades de concordia que se interpreta como las edades de proveniencia de los protolitos sedimentarios de las anfíbolitas; la población de circones más joven, con edades de 166 Ma y 176 Ma, corresponde al Jurásico Temprano y las edades se interpretan tentativamente como las edades máximas del depósito de los protolitos. El comportamiento de los elementos mayores, elementos traza y tierras raras de las rocas metamórficas y las migmatitas reflejan la heterogeneidad de los protolitos involucrados. Este estudio aporta nueva información relacionada con la edad de los protolitos, rocas metamórficas, así como con los procesos de fusión y de formación de las migmatitas en la región, y sirven para entender mejor su origen, así como el papel que desempeñaron en la generación de algunos de los magmas graníticos en el Complejo Plutónico de La Paz.

GEOQP-23

LOS METACARBONATOS DEL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, IMPLICACIONES GEOLÓGICAS

Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹, Pérez Venzor José Antonio¹, Schaaf Peter² y Delgado Argote Luis Alberto³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

jj.camarena@uabcs.mx

El Complejo Plutónico de La Paz, está ubicado al sur de la península de Baja California. Dentro del complejo, en las regiones de Todos Santos-El Pescadero, en el margen oriental del bloque Los Cabos y al sur de la sierra El Novillo afloran metacarbonatos y están asociados a otras rocas metamórficas e intrusivas. Litológicamente, estos metacarbonatos corresponden a mármol, mármol impuro, rocas calcosilicatadas y skarn. Estas rocas son aparentemente de protolito diferente, mientras que las rocas adyacentes corresponden a ortogneises, paragneises, gneis anfíbolítico (de protolitos ígneos y sedimentarios) y ocasionalmente migmatitas. Lo anterior podría indicar que a pesar de que los protolitos de los metacarbonatos son diferentes, pueden estar asociados a una misma cuenca pero en diferentes ambientes de depósito. A nivel regional son reportados dos eventos metamórficos (regional y de contacto), pero se desconoce si los metacarbonatos fueron afectados por un mismo metamorfismo o por diferentes eventos. Para los metacarbonatos del margen oriental del bloque Los Cabos se estima que fueron afectadas por

un metamorfismo regional <114 Ma y otro de contacto <85 Ma (este último evidenciado por la presencia de migmatitas), y que la edad máxima de depósito es mayor a 114 Ma. En la región de Todos Santos-El Pescadero se fechó el metasedimento con el cual se intercalan las rocas calcosilicatadas por el método de U-Pb en zircón, presentando un pico importante entre los 180 y 250 Ma, la cual es estimada como la edad máxima de sedimentación. También se fechó una tonalita en contacto con estos metasedimentos dando una edad de 101 Ma con el mismo método. Por lo anterior y las características litológicas de los metasedimentos (foliación y deformación dúctil) se estima que fueron afectadas por un metamorfismo regional que es anterior a los 101 Ma, y posteriormente fueron sometidos a un metamorfismo de contacto, evidenciado por porfidoblastos de granate y epidota. Para la interpretación del ambiente tectónico de depósito de los protolitos se utilizaron los siguientes proxis: (La/Ce)n, (Sm/Yb)n, (La/Yb)n, (La/Ce)n, (La/Sm)n, Ce/Ce*, Zr/Ti, La/Sc y el diagrama multielemental normalizado a PAAS, en el cual, la mayoría indica un ambiente tectónico de margen continental a transición de mar abierto.

GEOQP-24

PUEDA CONSIDERARSE EL COMPLEJO METAMÓRFICO DE TODOS SANTOS-LA PAZ, BCS. ¿UNA ZONA DE SUTURA?

Pérez Venzor José Antonio¹, Robles Martínez Julissa¹, Cazares Moreno Alexandra Daniela¹, Aranda Gómez José Jorge², Schaaf Peter³, Delgado Argote Luis Alberto⁴ y Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²UNAM Centro de Ciencias de la Tierra Juriquilla

³UNAM Instituto de Geofísica

⁴CICESE

japerez@uabcs.mx

El Complejo Plutónico de La Paz, comprende la región meridional de la península de Baja California. En dicha región afloran varios complejos metamórficos interpretados como parte de una misma cuenca, pero con diferentes ambientes de depósito y protolitos. Uno de esos complejos es el de Todos Santos- La Paz, conformado por pizarras filitas, esquistos, gneis cuarzo feldespáticos, metacarbonatos y milonitas, sus características permiten inferir que fueron deformados y metamorfozados alcanzando la facies de la anfibolita. El complejo define una franja orientada aproximadamente N-S que aflora desde el sur de Todos Santos (Pescaderos) y al norte llega hasta el Sur-oriente de La Paz su anchura varía de dos a cinco kilómetros. El cinturón metamórfico separa dos ensamblajes plutónicos uno el occidental de afinidad calcoalcalina compuesto por rocas maficas a intermedias (gabros y tonalitas o dioritas) la edad reportada es de 129 a 109 Ma. Las unidades maficas definen un cinturón discontinuo desde la región de La Paz (gabro el Novillo), hasta Todos Santos (Gabro el Volcán). El segundo ensamble plutónico, consiste principalmente de granodioritas, tonalitas y conforma el sistema montañoso central de la provincia, es de afinidad calcoalcalina. La edad de estas rocas plutónicas obtenidas por el método Rb-Sr en concentración de minerales y rocas total varía entre 80 Ma a 60 Ma., son rocas sin deformación penetrativa aparente. Al interior del cinturón metamórfico las diferentes litologías definen franjas aproximadamente paralelas entre ellas la orientación de las franjas es Norte-Sur o NE 5 a 10° NW echado y buzamiento al oriente SE de 10 a 15° con una vergencia al oriente. Una característica de la foliación de las rocas metamórficas es que hacia el contacto es más caótica, y mejor definida y constante lejos de él. En Baja California, se ha reconocido una estructura considerada como una potencial zona de sutura, similar a la descrita en la provincia Complejo Plutónico de La Paz. Los circones fechados por el método U-Pb, de algunas de las muestras del complejo metamórfico dan 216 Ma para las metapelitas, mientras que en los esquistos dan edad máxima de 97 Ma. Las milonitas fechadas dan 144 Ma. Las rocas metaígneas registran eventos de 78 Ma. En las regiones de la Gata y el Triunfo, las edades concordia de los circones fechados van de 162 a 540 Ma. El trabajo expone las características del complejo metamórfico de Todos Santos-La Paz, y proponemos al complejo metamórfico como una zona de sutura desarrollada entre los 116 Ma y los 80 Ma

GEOQP-25 CARTEL

CARACTERÍSTICAS LITOESTRATIGRÁFICAS DEL SUPERGRUPO PÁPALO DEL ARQUEANO EN EL GNEIS NOVILLO, DEL ANTICLINORIO DE HUIZACHAL-PEREGRINA, TAMAULIPAS

Barrón Sergio Bazán y Perkins Sergio Bazán

Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI

bazanba@hotmail.com

El Gneis Novillo se distribuye entre 20 y 30 km al Noroeste de Cuidada Victoria, Tamaulipas, que tiene como núcleo basal las rocas verdes komatíticas del Supergrupo Pápalo del Arqueano. Su límite litológico inferior, se define por el contacto tectónico con el Grupo Los Alisos basal, formado por metacuarzitas bandeadas y laminadas de cuarzo de gran pureza, del Supergrupo Guanajuato del Hadiano, movilizadas como inclusiones en las rocas verdes arqueanas. Por cuanto al límite superior del Supergrupo Pápalo, se define por la discordancia erosional oblicua con los paragneis cuarzofeldespáticos de hornblenda, biotita y granate del Grupo El Trapiche, del Supergrupo Zimatlán, expuesto en potentes bancos en los cañones de El Novillo y de la Peregrina. El Grupo El Trapiche

aparece bandeado en colores crema y verde alternante, en facies de granulita y de anfibolita, sobreyaciendo al Supergrupo Pápalo en discordancia regional para integrar el Geosinclinal de El Rosario, producto de la intensa erosión de los escudos arqueanos. Por consecuencia, el gran yacimiento de asbesto de las serpentinitas, emplazado dentro del Esquisto Granjeno del Geosinclinal Cordillerano, desarrollado desde el Mesoproterozoico al Permo-Trásico al occidente de la Faja Estructural Oaxaqueña, se deben a flujos diapíricos movilizadores de rocas komatíticas basales del arco vulcano-sedimentario del Supergrupo Pápalo de clase química ultramáfica y máfica. Las serpentinitas consisten de dique-estratos orientados NNW-SSE, casi vertical, expuesto irregularmente por 10 Km, con potencia media de 380 m de ancho. La parte económica exhibe 4.5 Km de largo por 350 m de ancho, con inflexiones desde el arroyo Las Burras hasta El Tigre. Se estiman en 677 Mt con ley promedio de SiO₂, 40%, de Fe₂O₃, 5.5%; de Al₂O₃, 1.28%; de MgO, 29.5%, de TiO₂, 0.09%; de Cr₂O₃, 0.25%; de MnO, 0.19%; de NiO, 0.41%, más H₂O. No obstante, de la alteración serpentinitica en el Cañón de Caballeros exhiben textura spinifex; con desarrollos esqueléticos aciculares y fibrosos de olivino, magnetita y clinopiroxenos en cristales anhedrales facetados en komatitas ultrabásicas, alcanzando flujos de lava los 1650°C. La gran cantidad de datos geoquímicos por elementos mayores del Gneis Novillo de diversas fuentes, obtenidos de las serpentinitas komatíticas, exhiben más del 42% de MgO, para considerar una edad mínima de 3700 Ma para la secuencia basal del Supergrupo Pápalo, del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina. La demostración tectónica de que el Supergrupo Pápalo del Arqueano cubre la mitad oriental del territorio de México, se prueba por unos 20 cuerpos diapíricos de serpentinitas komatíticas, con más de 30% de MgO, movilizadores de su parte basal durante el Neógeno, desde Chiapas hasta Tamaulipas. Por lo mismo, cuerpos de serpentinitas asbestíferas de carácter diapírico laramídico, movilizadores de la parte basal del Supergrupo Pápalo del Arqueano, ocurren entre los 36 a 22 Ma, en la faja estructural de la Orogenia Mexicana, emplazados a través de los supergrupos Pápalo, Zimatlán y Telixtlahuaca llegando hasta la superficie, para irrumpir también secuencias mesozoicas y volcánicas del Terciario, afectados por intensa cataclasis y milonización laramídica.

GEOQP-26 CARTEL

GENESIS DE LAS NELSONITAS DEL CAÑÓN DEL NOVILLO, DEL ANCLINORIO DE HUIZACHAL-PEREGRINA

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio

Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI

bazanperkins@hotmail.com

Con respecto al origen de nelsonitas del Gneis Novillo, la investigación considera que la subducción del Supergrupo Acatlán, del Mesoproterozoico hacia el oriente, en los ~1,600 Ma, fue responsable de generar los depósitos de titanio, al originar el rifting oceánico (back-arc spreading) del Grupo Oaxaca. Este grupo consiste en un ortogneis de migmatitas del área tipo El Catrín, emplazado hacia los 1550 Ma. El rifting de la parte basal del Supergrupo Telixtlahuaca, generaba una nueva corteza volcánica gábrica alcalina entre bloques de más 1000 m de espesor del Mesoproterozoico, mediante una expansión oceánica que se extendió hasta los 1300 Ma, con dorsales al oriente, mientras al occidente se formaba una plataforma calcárea-magnesiánica y cuñas clásticas con playas de cuarzo y feldespato. Por tanto, en aquellas zonas litorales, se depositaba el titanio diseminado en placeres arenosos de ilmenita, brookita, esfena, apatito, magnetita rutilo y otros minerales pesados. Mientras los gabros del fondo marino se enriquecían ligeramente de Fe, Ti, P, Ta, Nb, Zr, Hf y elementos incompatibles como K, Rb, Cs, Sr, Ba, U, Th, Tr, Y, según la litoestratigrafía de los yacimientos de titanio de las regiones de Huizto y los depósitos paleozoicos hidrotermales de Pluma Hidalgo, Oaxaca. El proceso genético de las nelsonitas, formadas por una asociación mineralógica variable de ilmenita, apatito, rutilo y magnetita, se define por un tren estructural de feldespatización pneumatolítica por los 1200 km, que siguen las intrusiones anortositicas paleozoicas, que destacan por su color gris crema, con escasa deformación dinámica, desde las fallas de Polochic-Matahua, Chiapas, hasta el Gneis Novillo, Tamaulipas. La mineralogía de las anortositas es variable en proporción de los accesorios, con antipertitas, epidota, sericita, moscovita, biotita, esfena, magnetita, cuarzo, circón euhedral y abundantes mirmequitas. En cambio, es muy consistente en los esenciales de andesina y oligoclasa, caracterizada por una textura holocristalina, hipidiomórfica y equigranular gruesa de carácter intrusivo. Dentro de la secuencia del Gneis Novillo destacan en el Arroyo de los Alamos, la presencia de los grupos Oaxaca, Tejalapan y El Hielo reconocidos plenamente con las mismas características litoestratigráficas expuestas en sus áreas tipo de la Faja Estructural Oaxaqueña y en el Gneis Huiztonopala, Hidalgo. Es decir, que los mencionados grupos del Mesoproterozoico corresponden a las secuencias basales de las aperturas oceánicas de los rifting de la secuencia del arco insular de Telixtlahuaca (1500-1100 Ma). En consecuencia, las nelsonitas tabulares y en lentes emplazados en los planos de foliación de paragneis, derivan de la removilización de antiguos depósitos de placer acumulados en playas arenosas, constituidas por cuarzo, feldespato, ilmenita, magnetita, rutilo y apatito. En tanto, que los calcosilicatos diapíricos, corresponden a depósitos de margas y calizas magnesianas de las plataformas en la cuenca del Grupo Oaxaca, parte basal del arco volcánico (back-arc spreading) del Supergrupo Telixtlahuaca (1550-1000 Ma). Los componentes mineralógicos en los paragneis que contienen nelsonitas tabulares, varían en tamaños entre los 15 hasta 80 cm, donde exhiben una asociación esencialmente de plagioclasas, cuarzo, granates, ilmenita, magnetita, rutilo, epidota, apatita, biotita y albita.

GEOQP-27 CARTEL

ANÁLISIS GEOQUÍMICO Y PETROGENÉTICO DE LOS ESQUISTOS AZULES DEL COMPLEJO ACATLÁN, MÉXICO: LA IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO INTERACCIÓN FLUIDO-ROCA

Jiménez Barranco Sofía¹, Gutiérrez Aguilar Fabián¹,
Colás Ginés Vanessa² y Hernández Uribe David³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
sofi7104@gmail.com

En las zonas de subducción se presenta el metamorfismo de alta presión y baja temperatura (HP-LT, por sus siglas en inglés) que da origen a rocas en facies de esquisto azul. Como resultado de la interacción fluido-roca desencadenada por reacciones de deshidratación en la litósfera oceánica, ocurren cambios geoquímicos en los protolitos de estas rocas. Sin embargo, el origen de los fluidos que promueven dicho proceso y sus consecuencias es controversial. En este trabajo, se presenta la evidencia del proceso de interacción fluido-roca obtenida a partir de datos geoquímicos de roca total de los esquistos azules y sus rocas asociadas (i.e., esquistos verdes y anfibolitas con granate) en la región de Las Minas-Ahuatlán del Complejo Acatlán (Puebla, México), interpretado como una zona de subducción durante el Paleozoico. Los esquistos azules tienen una paragénesis mineral del pico metamórfico compuesta por glaucofano+mica blanca(1)+epidota(1)+granate+rutilo+titanita(1) y una paragénesis de retrogresión definida por tremolita-actinolita-clorita-plagioclasa+epidota(2)+mica blanca(2)+titanita(2). Los diagramas multi-elementales, normalizados con respecto al MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt), exhiben un mayor contenido de LREE (Light Rare Earth Elements) respecto a los HREE (High Rare Earth Elements) que muestran patrones planos, y un enriquecimiento en Cs, Ba, Th, U, La, Pb, Sm y Nd. Además, los diagramas de discriminación tectónica sugieren que los esquistos azules y sus rocas asociadas tienen una afinidad geoquímica con rocas tipo MORB. No obstante, dentro del diagrama ternario Na-Nb-Sr, las rocas estudiadas muestran variaciones significativas respecto al campo característico de rocas tipo MORB, dado que algunos de estos elementos son móviles durante el metamorfismo de HP-LT. En los diagramas K vs. Rb, K vs. Ba/Rb, U vs. Nb/U, Nb/Zr vs. U/Nb, Ba/Th vs. K/Th y Th vs. Th/U, donde también se representan los valores globales promedio de MORB, AOC (Altered Oceanic Crust) y GLOSS (Global Subducting Sediment), se observa que nuestros datos exhiben un enriquecimiento en K, Rb, U y Ba, así como en las relaciones U/Nb, Ba/Th, Nb/Zr y K/Th. Lo anterior sugiere la existencia de una interacción fluido-roca en los esquistos azules y sus rocas asociadas. Estos resultados indican que los fluidos que modificaron la composición química de los protolitos de los esquistos azules y sus rocas asociadas pudieron proceder, principalmente, de la deshidratación de esquistos de mica con granate que se encuentran en contacto concordante con las rocas estudiadas. Así, el proceso de interacción fluido-roca identificado en el Complejo Acatlán puede llegar a tener implicaciones en las características geoquímicas de la cuña del manto. Es decir, si este tipo de rocas de HP-LT son subducidas progresivamente (y durante este tiempo han experimentado uno o más procesos de interacción fluido-roca), las reacciones de deshidratación posteriores producirán fluidos enriquecidos en K, Rb, U y Ba. Finalmente, estos fluidos pueden ascender de manera canalizada y crear heterogeneidades geoquímicas en la cuña del manto.

GEOQP-28 CARTEL

PROPIEDADES SIMILARES DE SUELOS A PARTIR DE LA CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS QUÍMICOS

Teutli León María Maura Margarita, Castillo Román José, Soto Castellanos Desiree, González Andrade Nadia Karina y Cuachoca Texca Nancy
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
maria.teutli@correo.buap.mx

En este trabajo se presentan resultados de la caracterización química de muestras de suelo colectadas en cinco sitios en las márgenes del Río Atoyac en Puebla. Las muestras fueron caracterizadas para los parámetros pH, conductividad eléctrica (CE, microSiemens cm⁻¹); los siguientes aniones (mg l⁻¹) fosfatos (PO₄), sulfatos (SO₄), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂), alcalinidad a la fenolftaleína (AlkF), alcalinidad total (AlkT), dureza cálcica (CaH), dureza total (TotH), cloruros (Cl). Las similitudes entre los sitios se establecen con una correlación de Pearson, la interdependencia por pares puede ser positiva o negativa, los rangos se fijaron como: muy débil (0-0.19); débil (0.2-0.39); promedio (0.4-0.59); fuerte (0.6-0.79), muy fuerte (0.8-1.0). De los resultados obtenidos sólo se consideran significativas aquellas correlaciones mayores a 0.4, el análisis indica que en correlación negativa fuerte aparecen los parámetros pH, CE, NO₂, PO₄, AlkT, SO₄, TotH, y aún cuando el pH aparece en 3/5 suelos, su par asociado es diferente. En correlación promedio negativa aparecen pH, NO₂, PO₄, AlkT, NO₃, Cl, CaH, CE, SO₄ y TotH, pero en cada suelo los pares asociados son diferentes. En correlación promedio positiva aparecen PO₄, NO₃, NO₂, CaH, Cl, AlkF, TotH, Cl, pH, CE, SO₄, los pares pH-PO₄ y CaH-TotH aparecen en 2/5 suelos, mientras que el par AlkT-TotH aparece en 3/5 suelos. En correlación fuerte positiva se tiene pH, Ce, PO₄, AlkT, CaH, SO₄, AlkF y Cl pero sus combinaciones son únicas y diferentes en cada suelo finalmente en correlación muy fuerte positiva aparecen CE, SO₄, CaH, TotH en combinaciones únicas. Palabras clave: suelo contaminado, parámetros químicos, correlación de Pearson.

GEOQP-29 CARTEL

DISTRIBUCIÓN DE LI Y ALGUNOS METALES BASE EN EL SISTEMA MAGMÁTICO DEL VOLCÁN EL CHICHÓN

Reyes González María Fernanda¹, Roberge Julie¹, Camacho Pérez Adriana Angélica², Mercer Celestine N.³, Arrieta García Gerardo⁴, Vera Pedro⁵ y Carbaljal Martínez Pablo Eliseo⁶

¹Posgrado ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional

²ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional

³U.S. Geological Survey, Geology, Geophysics, and Geochemistry Science Center, Denver, CO

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

mreyesg1502@alumno.ipn.mx

El Chichón es el único volcán activo ubicado dentro del Arco Volcánico Chiapaneco en el sur de México, expulsando magmas traquiandesíticos durante los pasados 300 000 años. En su última erupción, en 1982, expulsó más de 1 km³ de material piroclástico formando un nuevo cráter de 300 m de profundidad exponiendo un sistema volcánico-hidrotermal activo con las manifestaciones típicas de tal sistema (p.ej. lago cráter ácido, fumarolas, manantiales termales etc.). Además, los productos del volcán El Chichón están enriquecidos en volátiles (H₂O, S, Cl) además de tierras raras ligeras (K₂O, Rb, Sr, Th, U, Cs). La presencia del sistema volcánico-hidrotermal en conjunto con la composición de sus magmas le otorga el potencial para revelar los mecanismos que controlan la movilidad de algunos metales de interés económico. El cálculo de los coeficientes de partición hacia las distintas fases de un sistema permite caracterizar la movilidad geoquímica de los elementos en la corteza terrestre. En el caso de los sistemas magmáticos, estas fases son fluidas (vapor o líquido, representado por la composición del lago cráter), minerales y magma residual (representado por el vidrio de la matriz en muestras de pómez). El objetivo de la presente investigación es determinar el coeficiente de distribución entre la fase volátil (gas), fases minerales y líquido restante (vidrio de la matriz) del litio y algunos metales base. Para caracterizar el comportamiento de dichos elementos durante la evolución magmática del volcán El Chichón se usaron muestras de pómez de la erupción de 1982.

GEOQP-30 CARTEL

PYGEOT: UNA HERRAMIENTA PARA AUTOMATIZAR LA SELECCIÓN DE MINERALES PARA GEOTERMOMETRÍA MULTICOMPONENTE

Olguin Martínez María Guadalupe¹, Peiffer Löci², Dobson Patrick³, Spycher Nicolas², Inguaggiato Claudio¹, Wanner Christoph⁴, Hoyos Angello⁵, Wurl Jobst⁶, Makovsky Kyle⁶ y Ruiz-Aguilar Diego¹

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

²Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL

³Institute of Geological Sciences, University of Bern

⁴Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

⁵Department of Earth and Environmental Sciences, Syracuse University

olguinm@cicese.edu.mx

La geotermometría de solutos multicomponente es una herramienta muy útil para estimar la temperatura de reservorios geotérmicos antes de la exploración por perforación. El método utiliza análisis de agua completos para determinar la temperatura a la que los índices de saturación de un conjunto de minerales del reservorio reflejan equilibrio con el agua. Uno de los desafíos con este método es seleccionar el conjunto de minerales que será usado en la estimación de temperatura. Para resolver este desafío, se desarrolló una nueva herramienta de pre y pos procesamiento llamada PyGeoT. Esta herramienta (i) automatiza la selección de los minerales que serán usados en el software de geotermometría multicomponente GeoT-iGeoT, (ii) realiza análisis de sensibilidad, y (iii) grafica los resultados para la visualización de los datos. El desempeño de PyGeoT y algunos geotermómetros de solutos clásicos es probado usando composiciones de aguas sintéticas y reales de sistemas geotérmicos de baja-mediana temperatura. Un modelo de transporte reactivo revela que PyGeoT provee estimaciones de temperatura razonables cuando solo se han alcanzado condiciones de equilibrio parcial, lo que es una ventaja en la exploración de sistemas de baja-mediana temperatura. Además de estimar la temperatura del reservorio, PyGeoT puede identificar el polimorfo de sílice que controla la sílice disuelta y algunos minerales de alteración sin ningún análisis mineralógico específico del sitio, lo cual es una clara ventaja en comparación con los geotermómetros de sílice.

GEOQP-31 CARTEL

ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE SELENITA Y CITOSINA: RELEVANCIA EN QUÍMICA PREBIÓTICA

Paredes Arriaga Alejandro^{1,2}, Fuentes Carreón Claudio Alejandro¹
^{1,2}, Heredia Barbero Alejandro² y Negrón Mendoza Alicia²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

apa@ciencias.unam.mx

Las interacciones entre minerales y compuestos orgánicos son estudiadas en diversos campos, desde las aplicaciones en remediación ambiental hasta la industria alimenticia. En estudios de química prebiótica, los minerales juegan un papel relevante en la catálisis y/o concentración de los posibles compuestos orgánicos existentes en la Tierra primitiva. En este trabajo se analizó la interacción entre

selenita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y citosina ($\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}$). En ambientes primitivos, la selenita pudo formarse como una fase mineral evaporítica de sistemas salinos hidrotermales ácidos, los cuales pudieron tener una alta prevalencia durante el Hadeano Tardío y el Arqueano temprano. En consecuencia, este mineral pudo ser un material con alta disponibilidad, permitiéndole jugar un rol importante en reacciones de catálisis y concentración de compuestos orgánicos. Para estudiar la interacción entre selenita y citosina, se utilizaron cristales de selenita, obtenidos a través del distribuidor comercial Mineralia®. Se trataron con un baño ácido y neutro para eliminar contaminación en general. Posteriormente, fue molida y tamizada hasta obtener un tamaño de grano menor a 0.125 mm. El polvo se colocó en suspensión con disoluciones de citosina 3×10^{-4} mol/L (pH 7 y 2), las cuales se mantuvieron en contacto y agitación en intervalos de 20 min, 60 min y 24 h. Las mezclas fueron centrifugadas y filtradas, y el sobrenadante se analizó por espectroscopia UV-Vis. El mineral separado de la suspensión se analizó por espectroscopia infrarroja, Raman y métodos calorimétricos (TGA, DSC). Los resultados preliminares muestran que sí existen interacciones, de posible naturaleza electrostática, entre la fase mineral y el compuesto orgánico en disolución. Esto también se ve reflejado en un cambio de pH en las suspensiones neutras de citosina, siendo acidificadas en tiempos largos de contacto.

GEOQP-32 CARTEL

PHASE MODELING, PETROLOGY, AND DECOMPRESSIVE TEXTURES IN GRANULITES FROM USILAMPATTI, MADURAI BLOCK, INDIA: A COMPARISON WITH THE GRENVILLIAN OAXACAN COMPLEX, MEXICO

Yadav Roopali¹, Culi Laura², Prakash Divya³ y Solé Jesús¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

³Centre of Advanced Study in Geology, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India

roopali@geologia.unam.mx

The Indian peninsula consists of several tectonic subdivisions, of which the Southern Granulite Terrain (SGT) is one of the most prominent parts. Sapphirine-bearing granulite from Usilampatti in the Madurai block of southern India preserves a variety of mineral textures and reactions that help in reconstructing a three-stage metamorphic evolution. Usilampatti area constitutes part of the granulite-facies rocks of the Madurai block in the SGT. Usilampatti area is situated 35 km away from Madurai District. Rock types exposed in the area include quartzite, charnockites, khondalites, metapelites, calc-silicate, leptynite, mafic granulite, and ultramafic rocks. We report the occurrence of coexisting sapphirine + quartz in garnet-orthopyroxene bearing and cordierite-rich sapphirine granulite from a new locality in southern India, presenting evidence for UHT metamorphism (Yadav et al. 2021). The sapphirine is slightly aluminous (62.63 wt%) and highly magnesian (16.90 wt%). Remarkable textural relations in the sample reveal multiphase reactions that may be responsible for the formation of the sapphirine + quartz association during the prograde metamorphic history of the area. The P-T evolution of the sapphirine granulite has been constrained using TWQ and Perplex_X programs. SHRIMP U-Pb ages from zircon and monazite associated with sapphirine-bearing granulites suggest a widespread Ediacaran (545±60 Ma) tectonothermal event. The sapphirine-quartz association and the related textures reported here are important in understanding the tectonometamorphic evolution of the lower continental crust in the SGT and the various processes involved in UHT metamorphism. The Oaxacan Complex (OC) occupies the central Region of the state of Oaxaca in southern Mexico. The OC represents the most extensive high-grade metamorphic outcrop that is inferred to underlie the backbone of Mexico, which jointly constitutes a microcontinent named Oaxaquia (Ortega-Gutiérrez et al. 1995, Keppie 2004). The OC consists of metamorphic rocks derived from sedimentary and igneous protoliths. All these rocks were involved in a tectonothermal event during the Grenville orogeny, named by some authors as the Zapotecan event, with an age of 990 ± 10 Ma (Solari et al., 2003, 2014). The OC mainly consists of metapelitic granulites, quartzofeldspathic gneisses, wollastonite- and scapolite-bearing calc-silicates, orthoamphibolites, and marbles; all intruded by anorthosites, orthocharnockites, migmatites, pegmatites and mafic orthogneisses (Bloomfield and Ortega-Gutiérrez, 1975; Ortega-Gutiérrez 1984; Mora et al. 1985; Culi et al. 2020). This terrane has been metamorphosed under granulite facies conditions (Mora et al. 1986). However, a detailed inspection of the mineralogical and microstructural characteristics (e.g., rutile dense lamellar inclusions in quartz, rare sapphirine, ubiquitous mesoperthites, and wollastonite-fassaite calc-silicates) of the Oaxacan Complex suggest UHT metamorphism (Ortega-Gutiérrez et al. 2018), rather than typical granulite facies conditions. Other evidence also suggests UHT conditions (Culi et al. 2020; Salazar et al. 2022). The Oaxacan Complex is very similar to the southern Indian granulite terrane. Therefore, it is very interesting to know about the tectonometamorphic evolution of both terranes and how they are similar

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizador

José Alfredo Ramos Leal

MSG-1

MODELO DE FLUJO EN MEDIOS POROSOS FRACTURADOS EN 3D

Vera Norberto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbrtvr@gmail.com

En este trabajo se presenta un modelo macrohíbrido mixto de flujo en medios porosos fracturados, constituido por dos modelos mixtos acoplados, uno para rocas en 3D y otro para fracturas en 2D. El dominio para el modelo 3D se descompone en R-subdominios y con base en esta descomposición, se obtiene el dominio para fracturas. A su vez, el dominio # es descompuesto en F-subdominios para finalmente obtener subdominios en donde se plantea el modelo completo. La descomposición del dominio en subdominios para rocas y fracturas, se hace de la siguiente manera: Se formulan variacionalmente los problemas para rocas y fracturas, se utilizan aproximaciones de elemento finito mixto, un algoritmo de punto próximo y cómputo en paralelo, para buscar una solución aproximada del problema en su conjunto. Utilizando este modelo y modificando los valores de las permeabilidades de cada una de las subfracturas, se puede simular el flujo de un fluido en una red de fracturas, algunas de las cuales pueden funcionar como barreras o canales.

MSG-2

MODELACIÓN BIDIMENSIONAL DE FLUJOS CONVECTIVOS EN MEDIOS POROSOS

Martínez Nicolás Alma

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
amn.ingpet@gmail.com

El mecanismo de flujo convectivo (transporte de masa fluida junto con energía en forma de calor) está presente tanto en la naturaleza como en algunos procesos de ingeniería. El estudio de este fenómeno de convección es indispensable para comprender la evolución térmica de las formaciones geológicas que pueden contener fluidos, como: agua, vapor, gas e hidrocarburos. Con los procedimientos adecuados de la modelación de sistemas se puede predecir el comportamiento de un sistema en particular y tomar decisiones convenientes sobre su evolución o explotación. Las ecuaciones matemáticas que representan al sistema físico a modelar pueden resolverse de manera analítica cuando el sistema es sencillo; sin embargo, cuando se quiere modelar un sistema que tenga consideraciones e hipótesis más cercanas a la realidad, las ecuaciones se vuelven complicadas y es aquí cuando los métodos numéricos se vuelven un recurso imprescindible para incorporarse al modelo como solucionador de las ecuaciones. Uno de éstos es el método de elemento finito (FEM). En particular, los modelos de flujo convectivo involucran el transporte de masa en conjunto con el transporte de calor. Este tipo de modelos abarcan normalmente el estudio de áreas extensas o de nivel regional, las cuales por naturaleza tienden a ser bastante heterogéneas y presentan además un comportamiento anisotrópico. Los modelos de convección requieren resolver numéricamente las ecuaciones de balance de las propiedades de los fluidos (masa y energía), así como las ecuaciones que rigen el movimiento de los mismos en el medio, que puede ser poroso o fracturado. El objetivo de la investigación fue modelar numéricamente un flujo convectivo de fluido entre un medio poroso y una fractura, para lo cual fue desarrollado un programa numérico computacional que resolvió las ecuaciones que rigen este fenómeno. Se consideró un sistema geotérmico subterráneo de forma rectangular, constituido por un medio poroso heterogéneo y anisotrópico, saturado con un fluido de una sola fase. Dicho sistema está atravesado por una fractura que es representada como una zona de muy alta permeabilidad. Se realizaron varios ensayos numéricos que esquematizan condiciones geológicas reales, en los ejemplos se varía la inclinación de la fractura, así como las propiedades físicas del medio poroso, como la conductividad térmica y/o permeabilidad para las distintas capas horizontales. Los resultados obtenidos son congruentes con modelos previos y de laboratorio, así mismo los modelos esquemáticos muestran un comportamiento esperado para los campos de temperaturas y de corrientes.

MSG-3

SOLUTION OF ADVECTION-DIFFUSION-REACTION PROBLEMS ON A SPHERE USING A DIRECT, IMPLICIT AND UNCONDITIONALLY STABLE SPLITTING ALGORITHM

Skiba Yuri N. y Cruz-Rodríguez Roberto C.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
skiba@unam.mx

The advection-diffusion-reaction equation describes physical phenomena where particles, energy, or other physical quantities are transferred inside a physical system due to advection, diffusion, reaction and forcing. This equation plays an important role in modelling the transport of a quasi-passive substance (for example, a pollutant) or a physical quantity (temperature, humidity, etc.) in the Earth's atmosphere. In turn, the equations of nonlinear diffusion are widely used in modeling such processes as nonlinear combustion, rapid compression and accumulation of matter (laser fusion), chemical kinetics, magneto-hydrodynamics and many others. In particular, the fast-growing solutions of nonlinear diffusion equations can explain some important processes in demography (world population growth) and economics (rapid economic growth), meteorology (lightning and tornadoes) and ecology (growth of biological populations), epidemiology (outbreaks of infectious diseases) and neurophysiology, etc. The implicit splitting-based unconditionally stable numerical method proposed in Skiba (2015) is applied for solving linear advection-diffusion-reaction problems and nonlinear diffusion-reaction problems on a sphere and in a spherical shell. Numerical experiments carried out on a high-resolution spherical mesh show the effectiveness of the method in modelling the dispersion of a pollutant in the atmosphere, and nonlinear diffusion processes (propagation of nonlinear temperature waves, blow-up regimes of combustion, and chemical reactions in the Gray-Scott model). The method correctly describes the mass balance of a substance in forced and dissipative systems, and conserves the total mass and norm of the solution in the absence of forcing and dissipation (Skiba et al., 2020). Although the scheme is implicit, the problem operator splitting method allows the construction of a fast-to-implementation direct (non-iterative) numerical algorithm. References 1. Skiba YN. 2015. A non-iterative implicit algorithm for the solution of advection-diffusion equation on a sphere. *International Journal for Numerical Methods in Fluids* 78: 257-282. <https://doi.org/10.1002/ffd.4016> 2. Skiba YN, Cruz-Rodríguez RC, Filatov DM, 2020. Solution of linear and nonlinear advection-diffusion problems on a sphere. *Numerical Methods for Partial Differential Equations* 36: 1922-1937. <https://doi.org/10.1002/num.22510>

MSG-4

ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DEL ACUÍFERO DE LA PARTE SUR DE LA CUENCA DE MÉXICOHernández-García Guillermo de Jesús¹, Berumen Saldivar Gustavo², Herrera Zamarrón Graciela¹, Hernández-Hernández Mario Alberto¹ y Villegas Omar¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto Politécnico Nacional

ghdez@geofisica.unam.mx

Presentamos la modelación computacional de flujo del sistema acuífero de la parte sur de la Cuenca de México, con las versiones actuales de Modflow, el código de modelación tridimensional de flujo de agua subterránea del servicio geológico de los EE. UU., USGS. Se trasladó una versión previa del dominio del modelo original tanto al código Modflow 2005 como a la nueva versión actual del USGS Modflow 6. Lo anterior como parte de la actualización el modelo con datos recientes del bombeo y la recarga. Se utilizó la interfaz gráfica Model Muse, que permite la refinación por zonas de celdas de la malla original en volúmenes finitos del dominio del modelo actualizado. Se trasladaron los modelos originales para el estado estacionario y el estado transitorio. Se aplicó el lenguaje de programación Python, evaluando el desempeño a través de indicadores de ajuste, como la raíz cuadrática media, comparando la piezometría observada y simulada. Se exploró la nueva versión para evaluar el balance y se obtuvo la visualización de los distintos resultados, tales como: perfiles de bombeo, de recarga y de aporte por almacenamiento, entre otros. Se logró una mejor convergencia en la solución de la ecuación de flujo mediante una refinación del coeficiente de almacenamiento, e incluyendo en cambio el rendimiento específico. Como parte de esta experiencia se lograron superar varios obstáculos que se presentan al migrar a la nueva versión, tanto al cambiar la formulación matemática de diferencias finitas a volumen finito, además de cambiar los formatos de los archivos con los datos de entrada y de salida.

MSG-5

CAMBIOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DE MEDICIONES GEOFÍSICAS: UNA ALTERNATIVA PARA LA MODELACIÓN DE FLUJOS SUBTERRÁNEOS

Carciumaru Dana¹ y Ortega Roberto²

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

²CICESE

danadierna@gmail.com

Se presenta un trabajo interdisciplinario para obtener parámetros como carga hidráulica y límites geográficos en la modelación numérica de acuíferos. La combinación de las mediciones de ruido sísmico ambiental y de gravimetría satelital como GRACE y GRACE-FO son útiles para conocer las condiciones dinámicas de acuíferos con poco monitoreo directo. Además, al sumar la información geofísica se puede tener un análisis de sensibilidad de los modelos hidrológicos. Una ventaja de utilizar mediciones geofísicas es su bajo costo. El precio de la instalación y puesta en marcha de pozos de monitoreo es muy alto, simplemente la perforación supera por varios órdenes de magnitud a la compra de equipo sísmico de bajo costo. Hay que recordar que no existe una ley que obligue a tener pozos continuos de monitoreo, por lo tanto en general se acostumbra detener todo el sistema de bombeo del flujo subterráneo y medir los valores piezométricos, implicando molestia en los usuarios. En general solo se tiene una medición puntual cada año y no es posible estimar valores de la dinámica del acuífero. En cambio, cuando utilizamos las mediciones de niveles estimados por los cambios de agua subterránea mediante datos de los satélites GRACE o GRACE-FO es posible conocer la dinámica de un acuífero, incluso características históricas que no son posible inferir en la ausencia de instrumentación. Presentamos dos ejemplos: El valle de México y La Paz, BCS. Se puede observar que las mediciones de los cambios de velocidad sísmica de las capas someras mediante técnicas de cross-correlación son directamente proporcionales a los valores piezométricos, además las amplitudes relativas de las relaciones espectrales H/V de los modos superiores son mediciones directas de los cambios estacionales del espesor del acuífero. Se presentan las ecuaciones que rigen los cambios y las correcciones necesarias en los valores obtenidos. Los resultados de este trabajo abren una nueva oportunidad de modelación numérica de los acuíferos mas importantes de nuestro país y se muestran ejemplos para correr simulaciones complejas.

MSG-6

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MODELOS COMPUTACIONALES DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE SOFTWARE LIBRE: ESTUDIO DE CASO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

Berumen Saldivar Gustavo¹ y Hernández García Guillermo de Jesús²

¹Instituto Politécnico Nacional

²Instituto de Geofísica, UNAM

gustavobrmn@gmail.com

Se presenta la actualización de un modelo computacional de flujo de agua subterránea del sistema acuífero de la parte sur de la Cuenca de México (SAPSURCM) elaborado en MODFLOW 2005, a la más reciente versión del código de modelación tridimensional de flujo de agua subterránea del servicio geológico de los EE. UU. -el USGS, por sus siglas en inglés- MODFLOW 6. Se puntualizan los aspectos relativos a los detalles de: la reproducción del modelo en MODFLOW 6; la exploración de una de las posibilidades que ofrece MODFLOW 6, a saber, la discretización no estructurada; y la evaluación de los resultados tanto de MODFLOW 6 como de distintos niveles de discretización respecto a datos observados; dentro del contexto de la parte sur de la Cuenca de México.

MSG-7

APLICACIÓN DE UN MODELO ANALÍTICO-NUMÉRICO PARA ESTIMAR EL POSIBLE POTENCIAL GEOTÉRMICO DE POZOS PETROLEROS

Rueda Aguilera Guadalupe Abigail y Espinoza Ojeda Orlando Miguel

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

2019781a@umich.mx

Cuando los recursos petroleros se han agotado a un punto inviable económicamente, los pozos son abandonados o simplemente dejan de ser utilizados. Los pozos petroleros abandonados son una fuente de energía geotérmica para la generación sustentable de electricidad o usos directos. El uso de estos para explotar la energía geotérmica aprovecha las construcciones previamente perforadas lo que se traduce en un ahorro de inversión de hasta el 50% de un proyecto. A través de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) se sabe que en el territorio nacional existen aproximadamente 33,000 pozos petroleros y de gas, los cuales fueron perforados para la exploración y explotación de hidrocarburos. De este gran número de pozos, aproximadamente 15,000 se encuentran abandonados o no son utilizados por la industria petrolera, y están distribuidos en gran parte del país. El objetivo de este trabajo fue evaluar el posible potencial geotérmico de pozos petroleros abandonados; logrando estimar la temperatura de salida y potencial teórico. Se utilizó una base de datos de 40 pozos petroleros abandonados

del centro-norte de México; y se tomó el diseño de un sistema de intercambiador de calor concéntrico de doble tubo (BHE) aplicado en pozos petroleros abandonados de Alberta, Canadá. De los resultados preliminares, se obtuvo que para un pozo con un gradiente geotérmico de 35.5 oC se estimó una temperatura de recuperación de 166 oC y una potencia teórica de 2.8 MW. Este estudio muestra que el uso de pozos petroleros abandonados para extraer energía geotérmica con BHE coaxiales es factible en México. El rendimiento de los BHE coaxiales se ve afectado por la dependencia de la temperatura de las propiedades relacionadas con la transferencia de calor del fluido de trabajo y la formación de las rocas, y están controlados por la temperatura de inyección, el caudal de inyección y la conductividad térmica de la tubería aislante.

MSG-8

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD Y LA POROSIDAD CONECTADA PARA PREDECIR LA PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE ROCAS VOLCÁNICAS DEL CAMPO GEOTÉRMICO “LOS HUMEROS”

Linares Pérez Juan Eduardo, Vega Sandra y Arteaga Martínez Dante

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

eduardo_linares@comunidad.unam.mx

En el presente trabajo se realizó un estudio de la relación que existe entre la densidad volumétrica de la roca, la porosidad conectada y la permeabilidad medidas experimentalmente en once muestras de rocas volcánicas obtenidas en afloramientos del campo geotérmico “Los Humeros”, en Puebla. También se realizó una comparación con las simulaciones de la permeabilidad y la porosidad conectada obtenidas en imágenes de microtomografía de rayos X de cada una de estas muestras. Estas tomografías fueron adquiridas a diferentes resoluciones, debido a que el espacio poroso de dichas muestras es heterogéneo y presenta mayormente un comportamiento fractal, cuya dimensión fractal oscila entre 2.4 y 2.7. Estas características sugieren que usar teoría fractal puede ser una herramienta útil para el estudio del escalamiento de la porosidad y la permeabilidad [1], de escalas disponibles (ej. escala de laboratorio) a escalas requeridas (ej. escala de campo) [2]. También se muestra la comparación de los resultados de la permeabilidad a diferentes escalas con la permeabilidad experimental para analizar la influencia que tiene el carácter fractal del espacio poroso. Las muestras de rocas volcánicas analizadas presentan una densidad volumétrica que va de 1.7 g/cc a 3.1 g/cc. Algunas de las muestras tienen una permeabilidad del orden de Darcys (más de 5 Darcys), las cuales tienen una densidad volumétrica de 2.8 g/cc y una porosidad conectada mayor a 56%, mientras que las muestras que presentan una permeabilidad de 10 a 100 milidarcys, tienen una densidad volumétrica de entre 2.5 g/cc y 2.9 g/cc y una porosidad conectada mayor a 12%, pero menor a 35 %. Por otro lado, las muestras impermeables, con una permeabilidad menor a 0.01 milidarcys, presentaron una porosidad conectada menor a 18% y una densidad volumétrica mayor a 2.7 g/cc. Con lo que corroboramos que, a mayor porosidad conectada, se obtiene una mayor permeabilidad, no necesariamente correlacionada con la densidad volumétrica de las rocas. Para visualizar los resultados, mostramos gráficas que relacionan la porosidad conectada con la permeabilidad de las rocas, así como el histograma de la distribución y el tamaño de los poros que caracterizan los diferentes tipos de muestras a diferentes escalas. En estas, podemos apreciar que, a una menor escala, al haber una mayor resolución, se pueden capturar mejor los microporos y se observa que el cálculo de la porosidad conectada en las imágenes se aproxima a la porosidad obtenida experimentalmente. REFERENCIAS [1] Munawar, M. J., Vega, S., Lin, Ch., Alsuwaidi, M., Ahsan, N., Bhakta, R. R.: Upscaling Reservoir Rock Porosity by Fractal Dimension Using Three-Dimensional Micro-Computed Tomography and Two-Dimensional Scanning Electron Microscope Images. Journal of Energy Resources Technology. Jan 2021, 143(1): 013003 (2021) (doi:10.1115/1.4047589) [2] Vega, S., and Jouini, M. S.: 2D Multifractal Analysis and Porosity Scaling Estimation in Lower Cretaceous Carbonates, Geophys., 80(6), pp. D575-D586 (2015) (doi:10.1190/geo2014-0596.1)

MSG-9

ESCALAMIENTO DE PERMEABILIDAD EN MUESTRAS DE ROCAS USANDO IMÁGENES DE MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X

Arteaga Martínez Dante¹, Vega Sandra¹ y Olmos Luis²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

darteaga@geociencias.unam.mx

Una de las propiedades petrofísicas de mayor interés para la industria extractiva de gas, petróleo y energía térmica (a través del vapor) es la permeabilidad, gracias a las innovaciones y desarrollo de los sistemas de cómputo actuales la simulación numérica de esta propiedad se ha hecho viable. Sin embargo, para muestras en las que se busca obtener la mayor representatividad posible, esto implica un aumento en el tamaño a simular, por ende, un aumento en los tiempos de cómputo. Una opción para reducir los tiempos de simulación es estimar las propiedades efectivas a partir de un estudio multiescalar; el cual consiste en obtener submuestras digitales y con sus valores individuales obtener el valor total efectivo de la propiedad de la muestra a analizar. En este trabajo se presenta un estudio multiescalar de la permeabilidad realizado en muestras de rocas de origen ígneo cuyo espacio poroso tridimensional es obtenido a partir de imágenes de microtomografía de rayos X.

Una vez digitalizada cada muestra, se extrae la imagen en forma cúbica, se obtiene el medio poroso conectado y se simula la permeabilidad en la muestra completa (de tope a base en la dirección axial). Posteriormente, se extraen 3 submuestras digitales en forma de prisma rectangular cuyo eje menor es paralelo al flujo, en las que se realizan simulaciones individuales para calcular la permeabilidad en cada una de ellas. Para el cálculo de la permeabilidad total efectiva se utilizan los promedios armónico, aritmético y geométrico de cada set de 3 submuestras, estos valores se comparan con el valor de la permeabilidad obtenida en la muestra total. Los resultados indican que la diferencia entre los valores de la permeabilidad de la muestra y la permeabilidad total efectiva a partir de las submuestras está solo en el rango de 1 a 4 milidarcies. Además, al comparar los tiempos de cómputo, encontramos que el tiempo ocupado para simular todas las submuestras es 90% más rápido que la simulación única realizada en toda la muestra. Todo esto indica que la metodología propuesta tiene el potencial de ser usada como alternativa para obtener valores de permeabilidad total efectiva con menor costo computacional. Sin embargo, seguimos desarrollando más pruebas, incluyendo más muestras y realizando simulaciones en diferentes direcciones (además de la axial) para poder validar lo encontrado hasta el momento.

MSG-10

CÓMPUTO CIENTÍFICO: SOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES USANDO CÓMPUTO EN PARALELO

Contreras Trejo Iván Germán, Herrera Ismael, Hernández Guillermo y Vera Norberto
 Instituto de Geofísica, UNAM
 ivanc@igeofisica.unam.mx

En la ciencia, pura y aplicada, muchos sistemas microscópicos y macroscópicos se modelan mediante ecuaciones diferenciales parciales, de modo que después de la discretización surgen sistemas de ecuaciones lineales a gran escala. Cualquier método de solución de este tipo de problema consiste en secuencias de millones de operaciones algebraicas. Por otro lado, la computación paralela destaca entre las herramientas computacionales más efectivas, especialmente en la actualidad cuando los incrementos en la velocidad del hardware aparentemente han alcanzado barreras insuperables. En este trabajo presentamos las bibliotecas de software más utilizadas, como BLACS y SCALAPACK para resolver un sistema de ecuaciones lineales aplicando CoMPUTO Paralelo. Esta plática está organizada de la siguiente manera, primero presentamos una descripción general del software y cómo está diseñado. Más adelante, mostramos cómo resolvemos una ecuación diferencial parcial elíptica usando esas bibliotecas. Luego presentamos resultados numéricos para diferentes números de procesadores para medir la velocidad y eficiencia obtenida en MIZTLI, la supercomputadora de la UNAM

MSG-11

PRONÓSTICO A CORTO PLAZO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA USANDO IMÁGENES DE CÁMARA DE CIELO

Mondragón Rodríguez Román Damián¹, Gay García Carlos¹,
 Riveros-Rosas David² y Alonso-Montesinos Joaquín³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Departamento de Química y Física, Universidad de Almería, España
 romanmr@igeofisica.unam.mx

La generación de energía eléctrica por medio de plantas de concentración de la energía solar principalmente es afectada por los cambios atmosféricos. Por lo tanto, se requiere de una alta captura de la radiación solar directa (RSD) y un alta precisión en la predicción de su disponibilidad a corto mediano y largo plazo para planificar eficientemente su funcionamiento. El pronóstico de la energía solar para plantas concentradoras de la RSD, permite controlar de manera eficaz la cantidad de energía que será aportada a la red eléctrica o a su almacenamiento, mejorando los procesos de su operación y aumentando su rendimiento económico. La energía fotovoltaica, la energía solar de concentración y la energía térmica solar, constituyen la fuente de energía de mayor crecimiento del mundo, por lo tanto, se prevé que la energía solar podría proporcionar más del 30% del suministro de energía mundial total para el año 2040. Dado el alto consumo de energía, las principales economías del mundo tienen como objetivo desarrollar de manera sostenible sus propios procesos de generación de energía, implementando nuevas tecnologías e innovando metodologías para pronosticar la RSD. Constantemente se desarrollan rigurosos modelos para evaluar costos, beneficios y desventajas en la generación de electricidad, así como, analizar la evolución económica del mercado de la energía solar. En este sentido, para optimizar el recurso de la energía solar, es importante continuar el estudio respecto a la fluctuación que sufre la intensidad de la RSD provocada en su paso por la atmósfera hasta su llegada a la superficie terrestre. El porcentaje de nubosidad sobre las plantas solares es el factor más importante que condiciona directamente su funcionamiento. Estudios de vanguardia se han realizado en la área de radiación solar y cambio climático del ICAYCC (Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático), enfocados en la interacción de la radiación solar con la atmósfera usando imágenes de cámara de cielo permitiendo describir y anticipar caídas en la intensidad de la RSD. Partiendo de un modelo de cielo claro (despejado), se calculan las condiciones iniciales de la RSD máxima disponible en la zona de operación. Por lo tanto, usando imágenes de cámara de cielo, datos solarimétricos medidos en superficie y mediante la aplicación de un modelo matemático basado en Redes

Neuronales, es posible establecer una relación de los valores de RSD reales medidos en superficie y los calculados teóricamente en condiciones de cielo claro con las imágenes de la cámara de cielo a nivel de píxeles. Así también, empleando el método de Lucas-Kanade (sobre las imágenes de cielo) para predecir el movimiento vectorial de nubes, presentamos un trabajo que integra ambas metodologías en un solo modelo que permite pronosticar la RSD a corto plazo (5 a 30 min) bajo diferentes condiciones de cielo (nublado, parcialmente nublado y sin nubes) y diferentes tipos de nubes. Los resultados indican una certeza anual entre $r = 0,9$ y $r = 0,87$ para 5 y 30 min respectivamente.

MSG-12

SIMULACIÓN DEL ESCALAMIENTO DE LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD CON AUTÓMATAS CELULARES

Linares Pérez Juan Eduardo y Vega Sandra
 Centro de Geociencias, UNAM
 eduardo_linares@comunidad.unam.mx

Un autómata celular consiste en un conjunto de celdas (células) que pueden cambiar de estado, según el conjunto de reglas impuestas por una función de transición para cada tipo de celda y del estado de las demás celdas que la rodean, determinando así la evolución de todo el conjunto de células o celdas. Entonces, los autómatas celulares son sistemas computacionales dinámicos que exhiben un comportamiento global complejo y que se generan a partir de una simple interacción local bien definida. Por ello, se han utilizado para simular medios porosos complejos [1]. En el presente trabajo se hace un estudio del escalamiento de la porosidad en imágenes de medios porosos "artificiales", generados con autómatas celulares. Logramos obtener medios porosos interconectados con distribución anisotrópica, cuyas estructuras resultan ser similares a las observadas en la naturaleza. Los medios porosos obtenidos son a su vez más eficientes computacionalmente para visualizar el desplazamiento de un fluido a través de ellos. Por otra parte, mostramos que el método de autómata celular utilizado es apropiado para realizar un análisis del escalamiento de la porosidad del medio poroso obtenido, debido a que con reglas simples se puede describir la anisotropía y la heterogeneidad de dicho medio [2]. El objetivo principal de este trabajo es analizar el escalamiento de la porosidad a diferentes escalas (ej. de laboratorio o de campo [3]), y la distribución del espacio poroso en diferentes direcciones utilizando autómatas celulares; lo que puede coadyuvar a predecir el flujo del fluido del medio poroso a múltiples escalas. La ventaja de estas simulaciones es que, podemos visualizar y analizar el flujo de un fluido a través del medio poroso y medir diversas propiedades, tales como presión, permeabilidad, saturación. Además, se pueden obtener las trayectorias del flujo y del frente del fluido e ir observando el desarrollo de la saturación del medio poroso en diferentes direcciones, y de estudiar de forma detallada como influye la anisotropía de la estructura del medio en el flujo del fluido. REFERENCIAS [1] Reza Vafashoar, Hossein Morshedlou, Alireza Rezvani, and Mohammad Reza Meybodi. Cellular Learning Automata: Theory and Applications. (2021) Springer Cham. Springer Nature Switzerland AG 2021. DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53141-6> [2] Meakin, Paul. Diffusion-limited aggregation on multifractal lattices: A model for fluid-fluid displacement in porous media. (1987) Phys. Rev. A. Vol. 36. Pages 2833-2837. DOI 10.1103/PhysRevA.36.2833 [3] Vega, S., and Jouini, M. S.: 2D Multifractal Analysis and Porosity Scaling Estimation in Lower Cretaceous Carbonates, Geophys. 80(6), pp. D575-D586 (2015) DOI: 10.1190/geo2014-0596.1

MSG-13

ALGUNOS AVANCES EN METODOLOGÍAS PARA INVERSIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS: MÉTODOS BAYESIANOS Y DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Palafox González Abel, Fregoso Becerra Emilia y Guerrero Arroyo Edgar Alejandro
 Universidad de Guadalajara, UdeG
 abel.palafox@academicos.udg.mx

La inversión de datos geofísicos conduce a problemas inversos mal planteados que frecuentemente tienen alta dimensión. Las metodologías de inversión tradicionales, basadas en esquemas de mínimos cuadrados regularizados con estrategias tipo Tikhonov o Laplaciano, logran aproximar posición y forma aparente de cuerpos fuente con buena precisión. No obstante, la regularidad que imponen estos regularizadores, genera estimaciones de los cuerpos fuentes con bordes suavizados. Adicionalmente, el parámetro que controla el balance entre el término de mínimos cuadrados y el de regularización a menudo debe ser ajustado manualmente. Esfuerzos recientes, están enfocados en explorar y proponer distintas metodologías compuestas por representaciones alternativas para el cuerpo fuente, junto con métodos numéricos para manejar tales representaciones. En este trabajo se presenta una breve descripción de los siguientes desarrollos: Formulación Bayesiana del problema de inversión datos Gravimétricos en tres dimensiones, utilizando una representación basada en Alpha-shapes ligada a un método Markov Chain Monte Carlo; Uso de una estrategia evolutiva, junto con una representación de bajo nivel, para identificación de estructuras en sitios arqueológicos a partir de datos magnéticos; y un método de Machine Learning para estimación de estructuras en sitios arqueológicos parcialmente excavados. Así mismo, se discuten algunas perspectivas a partir de estos trabajos.

MSG-14

MACHINE LEARNING EN LA PREDICCIÓN DE PROPIEDADES PVT

Melgar Nieto Bely Iván y Teja Juárez Víctor Leonardo
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 bely.melgar@comunidad.unam.mx

El Machine Learning (ML) o aprendizaje de máquina, es una rama de la inteligencia artificial (AI), que hace uso de datos históricos para estimar el comportamiento futuro de una variable, logrando esto mediante distintas técnicas de manejo de datos y algoritmos, además de tener la capacidad de mejorar automáticamente la eficiencia del modelo a medida que se adquiere más experiencia [1]. Este trabajo tiene como objetivo, estudiar el uso del ML en la predicción de propiedades PVT, específicamente la presión de burbuja y el factor de volumen de formación del aceite a la presión de burbuja, mediante el desarrollo de una herramienta computacional de la cual se pretende evaluar su implementación para estimar propiedades PVT en yacimientos mexicanos y de otras regiones. Tradicionalmente, las propiedades PVT se determinan en laboratorios especializados o se estiman mediante correlaciones empíricas [2]. Para lograr esto, se entrenaron seis algoritmos de ML con un set de datos perteneciente a campos de distintas regiones del mundo compuesto por más de 400 valores para cuatro propiedades relativamente fáciles de obtener en campo (temperatura de yacimiento, densidad API, densidad relativa del gas y relación de solubilidad). Los algoritmos comprenden desde dos variantes de árboles de decisión, pasando por máquinas de vectores de soporte, hasta llegar a redes neuronales artificiales. Para evaluar el desempeño de los algoritmos, se compararon los resultados generados contra cinco de las correlaciones más usadas en la ingeniería petrolera. Además de esto, se evaluó la capacidad de predicción de los algoritmos al tomar la relación gas-aceite (RGA) en sustitución de la relación de solubilidad, los datos de RGA incluyen valores generados mediante un algoritmo de ML. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el set de validación que incluye datos de campos mexicanos, se logró estimar ambas propiedades con un grado de precisión que igualó (y en ciertos casos superó) al de las correlaciones tomadas en cuenta, esto abre la puerta a la implementación del ML como una herramienta robusta para la predicción de propiedades PVT, con la ventaja de que, entre más información tenga a su disposición el modelo, la precisión de las estimaciones aumentará. REFERENCIAS [1] Y. Liu. Python Machine Learning by Example - Third Edition: Build Intelligent Systems Using Python, TensorFlow 2, PyTorch, and Scikit-learn. Packt Publishing, 2020. ISBN: 9781800209718 [2] Prediction of PVT Properties in Crude Oil Using Machine Learning Techniques MLT. Vol. Day 2 Thu, May 18, 2017. SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference. Mayo de 2017. DOI: 10.2118/185536-MS

resistividades de 65-500 #m, seguido de un paquete de andesitas de 28-65 #m, lo sobre yace un paquete de riolitas e ignimbritas con 10-28 #m de resistividad, finalmente el relleno volcano-sedimentario con 10-39 #m. Por lo tanto, el sistema está compuesto por un acuífero profundo fracturado de ignimbritas y riolitas del Paleógeno-Neógeno y un acuífero somero granular conformado por intercalaciones de conglomerado, material volcánico y aluvión del Cuaternario. Los espesores varían en función de la distribución estructural de grabens y horts, los más importantes del acuífero fracturado se localizaron al centro de la cuenca con más de 1500 metros de espesor debido a la acumulación de material, otros espesores significativos de 900 a 1000 metros se encuentran al norte de la cuenca. Con base en la reinterpretación realizada, se puede concluir que los grandes espesores de material poco resistivo podrían significar un considerable potencial hasta ahora desconocido dentro del acuífero profundo, debido a que actualmente la mayoría de los aprovechamientos obtienen el recurso hídrico del acuífero granular.

MSG-15

APLICACIONES DE LA SISMOLOGÍA A LA INGENIERÍA CIVIL: PREDICCIÓN DEL MOVIMIENTO DE LA ESTRUCTURA CUANDO OCURRE UN SISMO

Herrera Revilla Ismael y Contreras Trejo Iván
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 iherrerarevilla@gmail.com

México es un país altamente sísmico, para el cual el estudio de la sismología y la caracterización de las propiedades sísmicas de su territorio es fundamental. El conocimiento así derivado se utiliza de maneras diversas. Como un ejemplo, aquí presentamos una aplicación a la ingeniería civil; en particular al diseño de estructuras capaces de resistir sismos. La Ingeniería Sísmica está constituida por el estudio y aplicación de los métodos para diseñar y construir tal clase de estructuras. En esta plática se explica en forma sencilla la manera de formular la interacción del suelo con la estructura como un problema de difracción elástica y predecir el movimiento de la estructura utilizando modelación matemática y computacional. REFERENCIA Ismael Herrera and J. Bielak, "Soil-Structure Interaction as a Diffraction Problem", Proc. of the 6th World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, January 1977, pp. 4-19 to 4-24.

MSG-16 CARTEL

PROPUESTA DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO A PARTIR DE LA REINTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN GEOFÍSICA

Núñez Flores Daisy Karina¹, Ramos Leal José Alfredo¹ y López Álvarez Briseida²
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²El Colegio de San Luis, COLSAN
 daisy.nunez@ipicyt.edu.mx

El desconocimiento de los acuíferos puede llevar a situaciones de sobreexplotación del recurso o desaprovecho de su potencial y, por ende, a problemas socioeconómicos. Un caso evidente se presenta en la cuenca Independencia localizada al norte de Guanajuato. El propósito del estudio es desarrollar un modelo hidrogeológico en esta zona que funcione como base de entendimiento del mismo. Por consiguiente, la geología del subsuelo se definió a partir de la reinterpretación de cinco perfiles geofísicos compuestos de 109 sondeos (AMT, TEM y SEV) en 75 sitios diferentes del trabajo publicado por Castillo en 2018. El basamento tiene

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores

Braulio Juárez Araiza
Héctor García Nava
Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu

OCC-1

AGRUPAMIENTO DINÁMICO DE LOS SISTEMAS COSTEROS SEMICERRADOS EN MÉXICO

Tenorio Fernández Leonardo¹ y Romero Quintero Emmanuel²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

leonardo.tenof@gmail.com

A través de las últimas décadas se ha intentado definir y agrupar los sistemas costeros semicerrados según sus características morfológicas, hidrográficas, geográficas, entre otras. Sin embargo, la diversidad de particularidades, el rango tan amplio de variabilidad espacial y temporal ha complicado llegar a definiciones basadas en la dinámica de los sistemas. Con base en la importancia relativa de las fuerzas que controlan la hidrodinámica residual de los sistemas costeros semicerrados, esta propuesta, pretende ubicar los sistemas costeros más representativos de México dentro de espacios paramétricos y agruparlos dinámicamente. Al ubicar los sistemas costeros semicerrados mexicanos dentro de estos espacios paramétricos, es posible encontrar la importancia relativa de las fuerzas que controlan la hidrodinámica residual.

OCC-2

CONDICIONES MAREALES Y ONDAS INTERNAS DENTRO DE UN ESTUARIO TROPICAL EN TEMPORADA LLUVIOSA

Tisseaux Navarro Alexandre¹, Juárez Araiza Braulio¹, Vargas Hernández Mauro² y Espinoza Mendiola Mario³¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC²Universidad Nacional de Costa Rica³Universidad de Costa Rica, UCR

alexandre.tisseaux@uabc.edu.mx

La Bahía de Santa Elena es un estuario tropical ubicado en el Pacífico Norte de Costa Rica, en junio del 2018 se firmó un decreto que la convirtió en Área Marina de Manejo, con el objetivo de conservar y dar un uso sostenible a los recursos marinos. Lo anterior hizo fundamental el desarrollo de investigaciones de la hidrodinámica dentro de la bahía para realizar un manejo apropiado de los recursos en la zona. En esta plática se muestran resultados preliminares de las condiciones hidrodinámicas de la bahía utilizando un anclaje de ADCP entre junio y julio del 2021. Se determinó que Bahía Santa Elena es un sistema mesomareal con marea semidiurna realizando un análisis armónico a datos de nivel del agua. Los perfiles de velocidad de la corriente mostraron oscilaciones no mareales. La banda de frecuencia semidiurna mostró una mayor energía en el espectro de frecuencias de la corriente cerca de la superficie y del fondo; mientras que en subsuperficie la energía en la banda diurna fue mayor. La alta energía espectral de la banda semidiurna cerca del fondo podría ser un indicador de la presencia de ondas internas dentro del sistema. Estos son los primeros estudios que se tienen de la variabilidad temporal y espacial de la circulación dentro de esta bahía y que contribuyen al conocimiento limitado que se tiene sobre ondas internas incursionando en cuerpos costeros semicerrados.

OCC-3

VARIABILIDAD DE ALTA FRECUENCIA EN EL SUR DE CALIFORNIA INDUCIDA POR UN EVENTO DE VIENTO EN BAHÍA SEBASTIÁN VIZCAÍNO

Ramos Musalem Karina¹, Cornuelle Bruce², Gille Sarah² y Mazloff Matthew²¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²Scipps Institution of Oceanography

kramosmu@atmosfera.unam.mx

Los modelos numéricos regionales del océano tienen, por definición, fronteras que delimitan su dominio. Algunos modelos de la corriente de California terminan en una frontera abierta al norte de la Bahía Sebastián Vizcaíno (BSV), a pesar de que este sistema se extiende hasta el extremo sur de la península de Baja California. En 2014, Verdy y colaboradores mostraron que la BSV es una región de forzamiento remoto para la variabilidad de altura del nivel del mar en el sur de California (SC).

Nuestro objetivo es comprender la variabilidad que se origina en la BSV e identificar qué dinámica se pierde en un modelo numérico del SC cuando se excluye la BSV. Para evaluar el impacto de la bahía usamos una configuración idealizada del modelo MITgcm, sin mareas y con una batimetría realista, y la comparamos con corridas del modelo en donde eliminamos a la bahía de la batimetría. Nuestros resultados muestran que un evento relativamente corto de viento (<4 h) que sopla sobre la BSV aumenta la variabilidad en todo el dominio. Primero, el viento excita un seiche en la bahía con una frecuencia de 5.2 cpd. Luego, la energía del seiche se filtra hacia el dominio en forma de 1) ondas de gravedad que excitan seiches en las bahías a lo largo de la costa y que se amplifican topográficamente en el SC, 2) ondas atrapadas a la costa que viajan hacia el norte a lo largo de la costa con periodos de aproximadamente un día, y 3) ondas internas, que pueden incrementar la varianza de la velocidad vertical en ciertas profundidades hasta en un 27% después de un día de simulación, en comparación con los experimentos sin la bahía. Dada la frecuencia de eventos de viento como el que aquí se modela, nuestros resultados sugieren que la BSV es una fuente continua de ondas de gravedad, ondas internas y ondas atrapadas a la costa para el SC.

OCC-4

CIRCULACIÓN MAREAL Y SUBMAREAL DENTRO DE UNA LAGUNA ÁRIDA Y DINÁMICAMENTE ELONGADA

Juárez Braulio¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia² y García Walther Julian³¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC²IIO - UABC³PRONATURA - University of South Carolina

braulio.juarez@uabc.edu.mx

La región árida ubicada al Noroeste de la Península de Baja California presenta una variedad de cuerpos costeros semicerrados conocidos como estuarios o lagunas costeras. Laguna Ojo de Liebre, la laguna costera con mayor extensión en esta región, presenta un canal principal de más de 50 km de longitud. Se instalaron tres anclajes, a lo largo del canal principal, con perfiladores acústicos de corrientes (ADCPs) durante un mes; con el fin de medir velocidades de la columna de agua en una sección cerca de la boca, intermedia y cerca de la cabeza. Un análisis armónico aplicado a series de tiempo de elevación del agua indicó que la amplitud del armónico semidiurno principal, M2, disminuyó de la boca a la sección intermedia y aumentó hacia la cabeza. Este patrón espacial muestra que las fuerzas friccionales dentro de la laguna son intermedias. Cerca de la boca y en la región intermedia, el perfil de velocidades submareales, calculadas utilizando un filtro con una frecuencia de corte de 30 horas, muestra un perfil vertical homogéneo producido por los esfuerzos mareales. Mientras que cerca de la cabeza, el perfil de velocidades submareales es de dos capas con un flujo entrando en superficie y saliendo sobre el fondo indicando una circulación gravitacional producida por gradientes de densidad propios de una región árida. Estos son los primeros resultados que se tienen sobre la circulación a lo largo del canal de Ojo de Liebre los cuales indican una variabilidad espacial debido a la extensión y condiciones áridas de la laguna.

OCC-5

EL ROL DE LAS TORMENTAS EN EL DESFASE DEL RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA POR EL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia

Universidad Autónoma de Baja California, UABC

amaia@uabc.edu.mx

Las playas y dunas suelen estar expuestas a eventos de alta erosión asociados a tormentas extremas, y se espera que el aumento del nivel del mar contribuya a incrementar la erosión costera. Sin embargo, las tormentas extremas pueden también contribuir positivamente al balance sedimentario de la zona costera, a través del intercambio sedimentario entre la plataforma continental interna y la línea de costa o entre celdas litorales, lo cual potencialmente pudiera mitigar impactos adversos del aumento del nivel del mar. Este trabajo pretende mostrar los resultados de mediciones morfológicas de alta resolución recabadas antes y después de tormentas extremas en la playa de La Misión (Baja California), utilizadas para el cálculo del balance sedimentario, y relacionar los cambios volumétricos

episódicos en proyecciones costeras a largo plazo. Se demuestra que la playa aumenta su balance sedimentario en 60 m³/m durante ciertas condiciones, cantidad suficiente como para desfasar teóricamente varios años el retroceso de línea de costa proyectada por el aumento del nivel del mar, inclusive para escenarios de altas emisiones de gas invernadero como SSP5-8.5. Se concluye que la confianza en las proyecciones de línea de costa está basada fundamentalmente en el conocimiento cuantitativo robusto del balance sedimentario, que incluye la contribución sedimentaria de tormentas extremas a corto plazo y a lo largo de varios años.

OCC-6 PLÁTICA INVITADA

MODOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTO Y SU RELACIÓN CON LA BATIMETRÍA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Ramírez Mendoza Rafael
CICESE
rrafael@cicese.mx

Aunque no existe aporte de sedimento del Río Colorado hacia el Alto Golfo de California (AGC), las mediciones indican un posible estado de equilibrio. En general, resultados de diferentes modelos indican transporte hacia Baja California mientras que observaciones de corrientímetros muestran transporte hacia aguas más profundas. Sin embargo, los rasgos del fondo se han mantenido y no existe clara erosión de la línea de costa del lado oeste. A pesar de la paradoja entre observaciones y modelos, éstos aún no explican la permanencia de los rasgos batimétricos particulares del AGC ni los procesos dinámicos específicos relacionados con el transporte de sedimento. En este estudio se utilizan observaciones de corrientímetros, de concentración de sedimento y resultados de modelos numéricos para analizar la dinámica del transporte de sedimento. Los resultados muestran diferencias entre la concentración de sedimento suspendido y por carga de fondo en sitios muy cercanos. En un sitio en las planicies de marea del lado oeste el flujo de sedimento es hacia el sureste. Sin embargo, modelación numérica en una área amplia indica que la magnitud del flujo de sedimento es mucho menor a los resultados puntuales. El análisis de observaciones y modelos parece indicar que el sedimento fino es transportado principalmente por corrientes transversales al golfo y el sedimento más grueso por corrientes a lo largo del golfo. Este mecanismo es una posible causa de los valles y crestas del AGC, de su forma rectilínea y de su permanencia aún sin aporte de material desde el río Colorado. El mismo proceso de transporte lateral de material fino también podría explicar la permanencia de las planicies de marea del lado oeste.

OCC-7

PATRONES DE MIGRACIÓN DE LA BARRA SUBMAREAL Y BERMA EN UNA PLAYA ABIERTA DEL NOROESTE MEXICANO

Kono Martínez Tadashi¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹ y Coco Giovanni²
¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
²School of Environment, University of Auckland, New Zealand
tadashi@uabc.edu.mx

Las barras submareales y bermas presentan una gran variedad de formas morfológicas y son importantes dado a que actúan como mecanismo de defensa para la playa a través de la disipación de la energía del oleaje incidente. El mecanismo de movimiento de ambos rasgos morfológicos está relacionado a la cantidad de energía del oleaje incidente, generalmente la barra submareal migra hacia tierra durante periodos de baja energía depositándose sobre la línea de costa y convirtiéndose en una berma, mientras que esta última migra hacia mar adentro durante condiciones de alta energía formando nuevamente una barra submareal. La importancia de estos rasgos morfológicos es que entre ambos contribuyen con el balance sedimentario de la playa. Este trabajo pretende determinar los procesos físicos que causan diferencias longitudinales en los patrones de migración de la barra y la berma en diferentes condiciones de oleaje en la playa La Mision, localizada en el noroeste de la costa del Pacífico, en la península de Baja California, México. La playa es de 2 km de longitud, está conformada por arenas finas y está expuesta a oleaje del oeste y alta energía en invierno-primavera y del suroeste y baja energía en el verano-otoño. Se obtuvieron mediciones mensuales de la morfología de playa durante 5 años (2015-2020), a través de perfiles topográficos (espaciados cada 30 m) y batimétricos (espaciados cada 100 m). Adicionalmente se colectaron datos de oleaje mediante un ADPC ubicado a 20 m de profundidad. Este conjunto de datos permite determinar las posiciones de las barras submareales y bermas y los estados morfodinámicos durante varios ciclos anuales. Los datos de ADPC permitieron determinar las variaciones temporales del espectro direccional del oleaje y se implementará un modelo numérico para determinar las variaciones espaciales del oleaje a través y a lo largo de la playa. Las observaciones denotan dos periodos energéticos del oleaje: invierno-primavera caracterizados por alta energía y verano-otoño caracterizados por baja energía. Además, se encontraron cuatro principales modos de migración: 1) formación de la berma al principio del periodo de alta energía; 2) migración de la berma y formación de la barra submareal durante el periodo de alta energía; 3) migración de la barra submareal hacia la playa durante periodos de baja energía; y 4) acoplamiento de la barra submareal hacia la línea de costa al final del periodo de baja energía. Diferencias a lo largo de la playa fueron encontradas, los tres principales escenarios con rasgos morfológicos fueron los siguientes: presencia de berma, presencia de barra submareal y berma y presencia

de barra submareal. Esto sugiere que la playa presenta variaciones hidrodinámicas longitudinales posiblemente relacionadas con las características del oleaje incidente y la presencia de corrientes de retorno, que tienen influencia en el desplazamiento transversal de la barra y la berma y su acoplamiento/desacoplamiento con la línea de costa durante diferentes condiciones del oleaje en el año.

OCC-8

VARIABILIDAD DEL RUNUP A LO LARGO DE LA COSTA EN UNA PLAYA INTERMEDIA

Gracia Barrera Ashley David¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹ y Coco Giovanni²
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²University of Auckland
david.gracia@uabc.edu.mx

El runup es la elevación máxima de la línea de costa provocada por el oleaje. Es resultado de la sobre-elevación del nivel del mar debido al oleaje, llamada setup, y las oscilaciones de este nivel, llamado swash. El runup ha sido ampliamente estudiado debido a la importancia que tiene en la inundación costera, así como por su rol en el transporte de sedimentos de la cara de la playa. Esto ha llevado a generar parametrizaciones que relacionan las condiciones del oleaje costa afuera, y características de la playa, como la pendiente de la cara de la playa con relativamente buenos resultados. Sin embargo, este tipo de análisis suele reducir la estimación del runup a un valor único que no toma en cuenta la variabilidad de la morfología a lo largo de la playa. Este trabajo presenta un análisis del runup a lo largo de una playa con presencia de barras y canales de retorno. Se realizaron observaciones de video usando un dron durante 4 días con condiciones de oleaje similares, pero en los que la playa presentaba diferentes estados morfológicos. De los videos se digitalizaron series de tiempo de la línea de costa en 8 perfiles perpendiculares a la costa, los cuales fueron medidos con GPS para obtener su topografía. A partir de estas observaciones se calcularon el runup excedente del 2 % (R2), el setup, así como el swash incidente e infra-gravitatorio. Estos parámetros se compararon con el número de Iribarren, que relaciona la pendiente de la playa y la pendiente del oleaje, así como diversas parametrizaciones del runup. Se observó una mucho mayor variabilidad en el runup a lo largo de la costa, en las observaciones en el que el estado morfológico de la playa presenta una forma más tridimensional. También se observó que la presencia de terrazas y canales intermareales modifican fuertemente el swash incidente y el setup. Al comparar los valores observados a lo largo de la playa con parametrizaciones como Stockdon (2007) que se basan en la pendiente de la cara de la playa, solo se observó buena correlación en el swash incidente, por lo que la variabilidad observada del setup, R2 y swash infra-gravitatorio observado responden a otros factores relacionados a la disipación del oleaje con la morfología sumergida. Se evaluaron descriptores de la pendiente de la playa sumergida, pero no mostraron relación con el runup observado. Se propone realizar modelación numérica para evaluar como la posición cantidad de rotura del oleaje afecta las observaciones de runup, y que tan bien la modelación puede representar lo observado en campo.

OCC-9

CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MARINO EN PUERTO QUEPOS, COSTA RICA

Ureña Flores María José, Mora Escalante Rodney Eduardo, Lizano Rodríguez Omar Gerardo, Ureña Mora Juan Pablo y Leiva Castilla María Gabriela
Universidad de Costa Rica, UCR
maria.urenaflores@ucr.ac.cr

Estudios sobre el clima marino en Costa Rica son escasos y dispersos. La mayoría de los estudios son de índole privado, que responden a intereses particulares en función del impacto y diseño en la construcción de puertos, marinas o atracaderos de barcos. Más recientemente, por la escasez de agua mundial, los estudios para instalar desalinizadoras, ha tomado relevancia en los últimos años. Estudios que abarcan la mesoescala sobre el comportamiento del viento, oleaje y corrientes se han llevado a cabo en la región circundante de Costa Rica, pero investigaciones sobre el clima marino costero y su relación con otras variables de importancia en la costa son casi nulos. Por ende, el propósito del trabajo es caracterizar el clima marino costero en los alrededores de Puerto Quepos, en el Pacífico de Costa Rica. Para analizar el comportamiento climatológico del sitio de interés, se usarán datos de una boya oceanográfica cercana a Quepos. La boya registra información meteorológica, de oleaje y perfil de corrientes hasta los 50 m de profundidad. Se cuenta con casi 2 años de datos. Como complemento a las observaciones se emplearán datos de una estación meteorológica y de una estación mareográfica, instaladas en el puerto desde el año 2009. Se comparan las variables meteorológicas registradas por la boya como por las mediciones en el puerto. Se presentan series climatológicas del campo de oleaje y se contrastan con resultados de modelos numéricos de oleaje. Se caracteriza el nivel del mar en el puerto y su relación con los campos de presión registrados en la estación meteorológica. Se presentan resultados de algunos eventos extremos. Por primera vez se caracteriza el clima costero con base en la información de una boya oceanográfica y de meteorología marina que permitirá tomar decisiones en cuanto al impacto de estas variables en la costa.

OCC-10

ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y UNDIMOTRIZ PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LA COSTA DE BAJA CALIFORNIA

García Nava Héctor, Esquivel Trava Bernardo, Arredondo Gamez Mayra y Gorr Pozzi Emiliano
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
 hector.gnava@uabc.edu.mx

La energía eléctrica es uno de los motores del desarrollo y bienestar social de un país. En México, se estima que el 20 por ciento de la población carece de acceso a los servicios básicos de electricidad y que alrededor del 32% de la población tiene algún grado de pobreza energética. En particular, la península de Baja California está parcialmente cubierta por tres redes eléctricas que están desconectadas de la red nacional y que dependen de la generación de electricidad a partir de la quema de hidrocarburos. Esto genera dos problemas: 1) hay pequeñas comunidades a lo largo de la costa sin electricidad y 2) la consecuente liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera debido a la generación de electricidad. El uso de energías renovables puede contribuir a la solución de estos problemas en el mediano y largo plazo. En este trabajo analizamos la disponibilidad y el uso de la energía undimotriz y eólica marina para producir electricidad a lo largo de la costa de Baja California. Para ello se analizan datos de los últimos 20 años de los reanálisis ERA-5 e IOWAGA. Cerca de la costa la potencia eólica media varía entre 0.2 y 0.5 kW/m² con valores máximos alrededor de Punta Eugenia y los valores más bajos al norte de la bahía Todos Santos. La potencia eólica máxima se produce relativamente cerca de la costa, probablemente debido a la influencia de la configuración de la costa y la orografía. El factor de planta de los aerogeneradores analizados varía entre 0.3 y 0.5, en la zona son más eficientes los aerogeneradores de mayor capacidad. La potencia del viento varía estacionalmente con valores máximos entre abril y junio y un máximo secundario en septiembre. La potencia media del oleaje lejos de la costa disminuye de norte a sur, con valores máximos de hasta 30 kW/m. Cerca de la costa, la potencia de las olas depende del efecto de abrigo de las islas y de la morfología de la costa, y varía entre 10 y 20 kW/m. La potencia del oleaje tiene un ciclo anual muy marcado con máximos entre noviembre y marzo, lo que es reflejo de la gran influencia que tiene en la región el oleaje generado por las tormentas extratropicales del Pacífico Norte.

OCC-11

GRADIENTE TÉRMICO EN OTOÑO EN BAHÍA DE LA PAZ, MÉXICO Y LA ZONA OCEÁNICA ADYACENTE: PERSPECTIVA DE UN POTENCIAL ENERGÉTICO

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño-Rodríguez Juan Heberto² y Jiménez-Illescas Ángel Rafael¹
¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
²Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima
 mniebla@ipn.mx

Los precios del petróleo, las emisiones de carbono, el cambio climático y las acciones bélicas en el planeta, son factores que dictan la búsqueda urgente de fuentes de energía renovable, esto justifica la Conversión de Energía Térmica Oceánica. Los océanos cubren tres cuartas partes del planeta, son un gigantesco colector de energía térmica, los mares tropicales absorben una radiación solar diaria equivalente a 250 millones de barriles de petróleo. El Gradiente Térmico, proporciona energía renovable que utiliza la diferencia de temperatura en los océanos para producir electricidad, durante todo el año. La energía marina podría garantizar que la generación se realice con recursos renovables. El calor oceánico puede, además utilizarse para desalar agua, en sistemas de aire acondicionado, desarrollar granjas agrícolas y piscifactorías, extraer minerales y mitigar el cambio climático. La energía térmica del océano es constante y permanente, a diferencia de otras energías renovables. Estas instalaciones se basan en la diferencia de temperatura, de al menos 20 grados centígrados, entre la superficie y el fondo de los océanos. Estas condiciones se producen en áreas tropicales, México posee aguas oceánicas para obtener esta energía en el Golfo de California, Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Se analiza las diferencias de temperaturas en el muestreo de otoño de 2012 (octubre), donde se localiza al menos una zona dentro de la Bahía de La Paz, con un valor de 20 °C entre la superficie y el fondo, esta zona se ubica en la Cuenca Alfonso, la región más profunda de la bahía. En la zona oceánica adyacente (estación 29) se registró una diferencia de temperatura de 22.28 °C entre la superficie y la profundidad de 527 m, mientras que en la estación 30 a 481 m de profundidad la diferencia de temperatura con la superficie fue de 21.86 °C.

OCC-12

ESTRATIFICACIÓN EN EL MARGEN OCCIDENTAL DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC DURANTE LOS MESES DE SEQUÍA

Reyes Hernández Cristóbal
Universidad del Mar, UMAR
 creyes@angel.umar.mx

Se presenta la evolución de la estratificación en una columna de agua de 24 m de profundidad, en el margen occidental del Golfo de Tehuantepec, durante la temporada de sequía de diciembre de 2011 a marzo del 2012. La estratificación,

definida aquí, como la diferencia de temperatura entre 5 y 24 m de profundidad, aunque nunca es igual a cero, varía como función del viento pero también como función de la estructura térmica ambiente creada por el tránsito de remolinos de mesoescala. Un escenario común consiste en la ocurrencia de vientos del norte sobre el golfo central y vientos del oeste sobre el margen occidental. A medida que los vientos del norte decaen, los vientos del oeste suelen volverse dominantes sobre todo el golfo. La estratificación en el margen occidental del golfo es debilitada por los vientos fuertes del norte o por los vientos fuertes del oeste. En contraste, la estratificación se intensifica cuando los vientos del norte se relajan y los vientos del oeste son débiles o incipientes. El grado de estratificación también es dependiente del signo de los remolinos de mesoescala transitando el área. La estratificación puede desaparecer bajo circulación ciclónica, pero aumentar bajo circulación anticiclónica. Se plantea la hipótesis de que el incremento en la estratificación en el margen occidental del golfo es resultado de una circulación en dos capas que se desarrolla entre el golfo central y el margen occidental durante la relajación del viento del norte. Agua con temperatura relativamente alta fluye por la superficie del margen occidental al golfo central y agua mezclada con temperatura relativamente baja fluye en la dirección opuesta por debajo de la superficie. La capacidad del viento del oeste para mezclar el agua subsuperficial así transportada, influye en la concentración de clorofila-a observada satelitalmente.

OCC-13

VARIACIÓN ANUAL DE LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS EN BAHÍA BANDERAS

Mejía-Trejo Adán¹, Espinoza-Rodríguez Iyar², Aguirre-Ayala David³ y Moncada-Cooley Roberto⁴
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Universidad de Guadalajara, UdeG
³GRIMMA
⁴Inst. Tec. de Bahía Banderas
 amejia@uabc.edu.mx

Bahía Banderas es una región que presenta cambios importantes a lo largo del año debido a la interacción de diferentes masas de agua superficiales y cambios de circulación en la parte exterior de este cuerpo costero. En este estudio se realizaron una serie de muestreos mensuales, en toda la bahía, de temperatura y salinidad de diciembre 2020 a abril 2022 utilizando un CTD hasta una profundidad de 80m. Durante este periodo se puede identificar los cambios de temperatura a lo largo del año, la variabilidad en el espesor de la capa de mezcla en el tiempo y en diferentes puntos de la bahía. Se analizó también el comportamiento diario de la temperatura superficial, los vientos (ECMWF Reanalysis v5 (ERA5)) y el índice de surgencia de un punto cercano, 21° N (Pacific Fisheries Environmental Laboratory (PFEL)) y su relación con las observaciones realizadas. En las observaciones se identifican cambios estacionales, diferencias en la parte norte y sur de la entrada de la bahía, formación de una doble termoclina y cambios en la estructura vertical conforme nos internamos en la bahía.

OCC-14

INFLUENCIA DE LAS SURGENCIAS COSTERAS SOBRE LOS NIVELES DE CLOROFILA EN EL PACÍFICO NORORIENTAL MEXICANO (MAZATLÁN, SINALOA)

Lara Cera Andrea Rebeca¹, Sánchez Cabeza Joan Albert², Álvarez Sánchez León Felipe³, Herrera Beceril Carlos Alberto¹, Martínez Galarza Ricardo Adrián¹, Rangel García Martín⁴, Alonso Rodríguez Rosalba⁵, Pichardo Velarde Jorge Gerardo⁶ y Ruiz Fernández Ana Carolina⁶
¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
²Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
³Unidad de Informática Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
⁴Posgrado en Ciencias Químicas, UNAM
 andrearlara@ciencias.unam.mx

La zona costera de la Bahía de Mazatlán, en el Pacífico nororiental mexicano, a la entrada del Golfo de California, está localizada en una de las principales zonas de surgencia de la región y asociada a la mayor zona mínima de oxígeno del mundo. Durante la temporada de invierno-primavera las aguas de la Bahía de Mazatlán presentan surgencias eólicas costeras, las cuales ocurren cuando los vientos del noroeste fluyen paralelos a la costa y transportan el agua superficial de la costa hacia mar abierto (transporte de Ekman). El agua desplazada es remplazada por agua proveniente de profundidades mayores, provocando una disminución de la temperatura superficial del mar y un aumento en la concentración de nutrientes. La productividad primaria de los sistemas costeros afectados por surgencias sostiene grandes pesquerías que representan un importante recurso económico a nivel global. Sin embargo, el agua de las surgencias es habitualmente pobre en oxígeno, por lo que las surgencias pueden también estar asociadas a zonas de hipoxia. Por medio del uso de series de tiempo de alta resolución de oxígeno y temperatura, y productos de información satelital de clorofila y temperatura, es posible identificar florecimientos fitoplanctónicos promovidos por surgencias. Este método también permite analizar la variabilidad de la clorofila a en relación con otras variables ambientales como temperatura, oxígeno disuelto, velocidad del viento y precipitación, su relación con eventos de hipoxia y con eventos climáticos como El Niño la Oscilación del Sur. Palabras clave: Surgencias costeras, clorofila, hipoxia, series de tiempo

OCC-15

TIEMPO DE RESIDENCIA DE PARTÍCULAS EN BAHÍA MAGDALENA Y SU CONECTIVIDAD CON EL PACÍFICO: MAREAS VIVAS Y MAREAS MUERTAS

Rodríguez Melgarejo Susana Abigail¹, Parés Alejandro² y Flores Ana Laura³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE³Universidad Autónoma de Baja California, UABC

srodriguez@cicese.edu.mx

El sistema lagunar Bahía Magdalena – Almejas se ubica en Baja California Sur y conecta con el océano Pacífico. Este sistema es de gran importancia ecológica y pesquera por encontrarse en una zona de surgencias. La dinámica dentro de esta laguna está fuertemente modulada por la acción de la marea lo que permite un intercambio energético inter-lagunas así como con el mar abierto. En este trabajo se analiza la dinámica de este intercambio y la conectividad del sistema en general. Se analiza la estadística de las trayectorias y tiempos de residencias de partículas pasivas sembradas en diferentes zonas alrededor y dentro del sistema lagunar. Para ello, se emplea un modelo de malla no estructurada, FVCOM (Finite Volume Community Ocean Model) forzado con marea y viento. Se presenta los resultados contrastando principalmente los periodos de mareas vivas y muertas.

OCC-16

LA INFLUENCIA DE LA BAHÍA DE BANDERAS EN LA GENERACIÓN DE REMOLINOS OCEÁNICOS EN CABO CORRIENTES, MÉXICO: EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

Cruz Gómez Raúl Candelario, Velázquez Muñoz Federico A. y Monzón César Octavio

Universidad de Guadalajara, UdeG

raul.cruz@academicos.udg.mx

Se realizaron una serie de experimentos de laboratorio para reproducir y estudiar la interacción de la corriente costera mexicana con Cabo Corrientes y Bahía de Banderas. Las observaciones de laboratorio muestran que la Bahía de Banderas juega un papel importante en la generación de remolinos en Cabo Corrientes. Cuando estos remolinos se generan, permanecen atrapados dentro de la región generadora sin aumentar su tamaño (# 28 km) mientras la corriente costera está presente. Una vez que la corriente se debilita, los remolinos aumentan de tamaño y se separan de la costa. Durante este proceso, se observa que dentro de la Bahía de Banderas también se genera un remolino ciclónico. Exploramos la influencia de la bahía cubriéndola y repitiendo los mismos experimentos con la corriente costera. Esencialmente, descubrimos que cuando la bahía estaba ausente, se requería una velocidad de corriente mucho mayor para que se produjera la generación de un remolino en el lado norte de Cabo Corrientes. Utilizamos los datos del reanálisis GLORYS12V1 para estudiar y comparar con las observaciones experimentales. Los datos de reanálisis nos permitieron identificar la corriente costera mexicana a lo largo de la costa occidental de México que llega a Cabo Corrientes y la aparición de los remolinos oceánicos durante algunas estaciones. Estos datos nos permitieron predecir que el giro de los remolinos oceánicos de Cabo Corrientes podría tener cierta influencia en la circulación local de Bahía de Banderas, lo cual fue verificado por nuestros experimentos.

OCC-17

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS REMOLINOS ANTICLÓNICOS GENERADOS EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO

Velázquez Galván Eber Gustavo, Velázquez Muñoz Federico Ángel y Cruz Gómez Raúl Candelario

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

eber.velazquez@alumnos.udg.mx

Los remolinos anticiclónicos que se forman en el Golfo de Tehuantepec son un fenómeno muy importante para los procesos biológicos del Pacífico Tropical, ya que transportan cantidades significativas de agua desde la costa hacia mar adentro. Estos remolinos se forman por el esfuerzo del viento que sopla en dirección perpendicular a la costa, de tierra a mar, con velocidades similares a las de un huracán categoría 1. En este proyecto se presenta el análisis de mapas satelitales de nivel del mar y de la velocidad que se obtienen del producto AVISO para un periodo de 12 años, del 2000 al 2011 en la región del Golfo de Tehuantepec, de 120°W a 85°W y de 5°N a 20°N con el fin de estudiar la evolución temporal de estos remolinos. Estos datos se complementan con una serie de tiempo de la velocidad del viento tomada del producto CCMP en el punto de máxima varianza del viento en el Golfo de Tehuantepec, que sirve como referencia de los eventos de viento. Usando el software AMEDA se obtuvieron las principales características físicas de los remolinos conforme se desplazan por el océano. Se identificaron 3.8 remolinos en promedio por temporada, con una duración máxima de 259 días, una distancia recorrida de 3,214 km, dando como resultado una velocidad promedio de desplazamiento de 14 km/día. Los resultados muestran que durante los primeros días de la formación de los remolinos se pueden presentar varios eventos de viento que generan y fortalecen a los remolinos, aumentando su velocidad de rotación,

vorticidad y radio. Esto nos permitió definir una zona hasta dónde los eventos de viento pueden afectar a los remolinos. Después, los remolinos pasan por una etapa de fortalecimiento o maduración y finalmente, viajan con variaciones en la mayoría de sus propiedades físicas hasta que llegan a una etapa en que la velocidad de rotación disminuye gradualmente, lo cual se observa mediante series de tiempo de las variables físicas de los remolinos.

OCC-18

ANÁLISIS DEL VIENTO Y BOMBEO DE EKMAN EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC ENTRE NOVIEMBRE 2008 Y NOVIEMBRE 2009

Velasco Peralta Edna del Carmen¹, Contreras Tereza Víctor Kevin² y Monreal Jiménez Rosalinda¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

ednavelasco@ciencias.unam.mx

Se realizó un análisis de los vientos en la región del Golfo de Tehuantepec, obtenidos del QuikSCAT, entre el 21 de noviembre de 2008 y el 21 de noviembre de 2009, que según el MEI es una época de transición entre una fase cálida (El Niño) y una fría (La Niña). Se calcularon la profundidad de la capa de Ekman, el transporte y bombeo de Ekman debido a los vientos en la región, además se comparó el patrón generado por el bombeo en cada dirección con resultados de satélite de medidas de Chl-a. Se encontró que el viento sopla del norte la mayor parte del tiempo, de noviembre a marzo, y en agosto; mientras que el resto del tiempo se tienen vientos del este y oeste. Se registraron 22 eventos de norte a lo largo del año, con una rapidez del viento máxima de 36 m/s, la máxima profundidad de la capa de Ekman superó los 320 m, el transporte llegó hasta 26 kg/ms, las velocidades de ascenso superaron 45 m/día y las de descenso 20 m/día. Los vientos con mayor intensidad registrados provienen del norte, por lo que también se encuentran las mayores profundidades de la capa, mayor transporte y velocidades verticales cuando se presentan los vientos en esta dirección. Las zonas en donde se favorecen las surgencias, sin importar la dirección del viento son las zonas costeras, y se observa la formación del giro anticiclónico en la parte oeste del golfo cuando los vientos que se presentan son del norte y este. Al comparar los patrones de velocidades verticales y Chl-a se concluyó que cuando el viento sopla del norte, ambos patrones son muy similares por lo que bajo estas condiciones el viento es el principal forzamiento para la dinámica superficial de la zona.

OCC-19 CARTEL

ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS COSTEROS DEL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Flores Ocampo Itzamna Zaknite¹ y John Selvamony Armstrong Altrin Sam²¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

zaknyocampo@gmail.com

Se realizó la caracterización de sedimentos en dos playas ubicadas en el noroeste del Golfo de México, playa Tampico, Tamaulipas y Playa Esmeralda, Veracruz. El objetivo del proyecto es determinar el grado de contaminación por microplásticos y elementos potencialmente tóxicos (EPT) para definir su impacto en el ambiente costero-marino y su posible origen. Durante la caracterización se realizó un análisis granulométrico para identificar el tipo de transporte de sedimentos, así como estudios geoquímicos, para obtener la concentración de elementos potencialmente tóxicos, elementos mayoritarios y oligoelementos mediante ICP-MS. Adicionalmente, se realizaron análisis de Espectroscopía Infrarroja y Microscopía Electrónica de Barrido para identificar el tipo, tamaño y cantidad de microplásticos presentes en cada una de las playas muestreadas. Con los resultados de microscopía electrónica de barrido se pudieron observar los diferentes niveles de degradación de los microplásticos debido a los rayos UV, pH del agua de mar, abrasión, entre otros, así como su intemperismo y transporte. Durante la identificación visual se observaron únicamente microplásticos en forma de fibras, de colores y tamaños diversos, después del término de la caracterización de estos contaminantes, se concluyó que provienen del ámbito pesquero y turístico mayormente. Además la playa Tampico, fue la que presentó mayor cantidad de partículas plásticas, que van de un rango desde 12800 hasta 14150 partículas por kilogramo; para el caso de playa Esmeralda, el contenido de microplásticos está en un rango de 6250 a 7950 partículas/kilogramo. Por otra parte, se realizaron análisis de elementos mayores, menores y traza en los sedimentos costeros, esto con el fin de conocer la concentración de diversos elementos potencialmente tóxicos que pudieran alterar y afectar al medio ambiente. Con los resultados se obtuvieron diversos índices ambientales, tales como, el factor de enriquecimiento (FE), índice de geoacumulación (Igeo) y estándares de la calidad de los sedimentos que nos indicaron posibles riesgos para la fauna acuática. Con los resultados recopilados durante el desarrollo del proyecto se puede concluir que la zona con mayor dinamismo y aporte de contaminantes al ambiente costero-marino es playa Tampico, puesto que, es la zona con mayor abundancia turística y actividad pesquera. En el caso de los elementos potencialmente tóxicos, de acuerdo con los índices ambientales, su presencia y abundancia en las zonas de estudio pueden producir efectos adversos para la fauna endémica.

OCC-20 CARTEL

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA INTERACCIÓN DINÁMICA ENTRE CAÑONES SUBMARINOSCruz Isidro Esteban¹, Ramos Musalem Karina² y Allen Susan³¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM³University of British Columbia

estebanci@ciencias.unam.mx

A lo largo de las costas del mundo, en la plataforma continental, se esconde bajo la superficie un paisaje accidentado lleno de cañones submarinos, que a menudo forman sistemas de cañones en lugar de presentarse de manera aislada. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre la circulación y dinámica de surgencia en cañones submarinos se ha limitado a un solo cañón. Por ello, el objetivo de este trabajo es estudiar la interacción dinámica en condiciones de surgencia entre dos cañones submarinos idénticos que inciden en la plataforma continental. Para ello, se realizaron simulaciones numéricas con el modelo de circulación general del Massachusetts Institute of Technology (MITgcm), simulando eventos de surgencia en un tanque giratorio con dos cañones idealizados de proporciones geométricas similares a las dimensiones del Cañón Astoria en EEUU. Para estudiar la surgencia que se desarrolla dentro de los cañones, se utilizaron como métricas la corriente incidente U , la profundidad de surgencia, y el flujo de surgencia. Para investigar la interacción entre los dos cañones se utilizó el mismo forzamiento en todas las corridas, pero se modificaron los valores de la aceleración de Coriolis f , la frecuencia de Brunt-Väisälä N y los perfiles de densidad. Para describir la dinámica del flujo, se utilizaron como grupos adimensionales el número de Rossby $R=U/fL$ y el número de Burger $Bu=NHs/fWs$. También se realizó un análisis escalar de la profundidad de surgencia y el flujo de surgencia. Los resultados mostraron que, para todas las simulaciones, en el cañón corriente arriba se observaron valores más grandes que en el corriente abajo de todas las métricas utilizadas para caracterizar la dinámica de surgencia en los cañones: corriente incidente, la profundidad de surgencia, y el flujo de surgencia, lo cual indica que los cañones interactúan dinámicamente. Además, existe una relación inversamente proporcional entre el número de Burger y el número de Rossby y las diferencias en los valores de las métricas entre los cañones.

OCC-21 CARTEL

EROSIÓN COSTERA EN LA PLAYA PUERTO REAL EN LA ISLA DEL CARMEN, CAMPECHE

Gómez Gatica Leyre, Marín Guzmán Ana Pilar y Sillis Esquivel Johanna

Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

leyregomezgatica@gmail.com

La erosión de playas se considera un proceso natural en el que el desgaste es el principal agente que depende directamente de la acción del oleaje, mareas y de las corrientes litorales. Las causas de este fenómeno pueden ser naturales o bien antropogénicas. En la Isla del Carmen se observa el fenómeno de erosión costera en diferentes áreas y en particular para el presente trabajo se eligió como ejemplo la Playa Puerto Real ubicada en el extremo noreste de la Isla del Carmen en el estado de Campeche. Esta es una isla tipo barrera que resguarda la Laguna de Términos (área natural protegida) del mar abierto. La metodología de este trabajo consiste en la observación en campo a partir de visitas y recorridos al área de estudio seguida del análisis de imágenes satelitales con la herramienta Google Earth Pro, además de la revisión de fuentes de información como antecedentes de trabajos previamente realizados en la isla para el entendimiento de la dinámica litoral y por ende la comprensión del equilibrio entre erosión y acreción, con el objetivo de resaltar los procesos de erosión que afectan a la Playa Puerto Real, concurrida por los miles de ciudadanos que contribuyen de forma antropogénica a estos procesos. La Playa Puerto Real se encuentra en la parte oriente de la isla y en ella predominan las corrientes de intermareas hacia el oeste, las cuales concuerdan con la dirección de transporte litoral dominante de esta parte del Golfo de México. En esta área se observaron algunos indicadores que evidencian procesos de erosión costera, siendo estos factores: cambio de un perfil de playa convexo a uno cóncavo, presencia de microacantilados, daños en las dunas costeras, zonas de vegetación truncadas y parches de arena adheridos a afloramientos rocosos en un nivel más anterior a la línea de costa.

OCC-22 CARTEL

INCLINED INTERNAL TIDE AT A MEXICAN PACIFIC SHELF

Filonov Anatoliy y Tereshchenko Iryna

Universidad de Guadalajara, UdeG

fian1942@gmail.com

The internal tide on the shelf is dominated by an inclined wave, which propagates upward and onshore along continental slope. Despite its reflection from the bottom and from the surface of the ocean they remain inclined and totally destroyed over the course of one wavelength. The wave undergoes nonlinear transformation and overturns forming several homogeneous temperature layers up to 20 m thick. Because of nonlinear effects, the wave carries cool deep water out to the shallow depth and causes coastal upwelling. Intense solar warming together with vertical mixing results in a rapid rise of temperature in the 130-m water column that was observed.

OCC-23 CARTEL

EFFECTO DE UN ESPIGÓN TEMPORAL EN LA DINÁMICA DE LA BARRA SUBMAREAL

Vidal Ruiz Jesús Adrián y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia

Universidad Autónoma de Baja California, UABC

ocean.vidal@gmail.com

La implementación de estructuras rígidas en las playas arenosas sigue siendo la forma tradicional de protección contra el embate del oleaje (provisional y a largo plazo). Sin embargo, esta estrategia es cada vez más impopular debido a que puede afectar el equilibrio dinámico de la playa. La migración de la barra submareal constituye un proceso fundamental durante la fase de recuperación de la playa después del impacto de tormentas. La dinámica de la barra submareal resulta de la retroalimentación constante entre los forzamientos hidrodinámicos y la morfología, y entender su dinámica es relevante desde la perspectiva de resiliencia costera. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar el comportamiento morfodinámico de una barra submareal antes, durante y después de la presencia de un espigón instalado en octubre del 2015 y retirado en marzo del 2018. Para ello, se cuenta con mediciones morfológicas mensuales (topográficas y batimétricas) y de oleaje a 20 m de profundidad colectadas entre agosto 2015 y agosto 2020 a lo largo de 5.5 km de playa. Los resultados de este trabajo mostrarán la ubicación y morfometría de la barra en relación a las condiciones de oleaje incidente. Este estudio destaca la importancia de coleccionar mediciones de alta resolución espacio-temporal para entender la resiliencia de las playas ante perturbaciones artificiales.

OCC-24 CARTEL

ANÁLISIS DEL USO DE RADARES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES Y SU APLICACIÓN PARA DETERMINAR TRAYECTORIAS DE OBJETOS A LA DERIVAGarcía Nava Héctor¹, Flores Vidal Xavier¹, Arias Martínez Noé¹,Andrade Canto Fernando² y Ocampo Torres Francisco Javier³¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC²ECOSUR Unidad Chetumal³CeMIE-Océano A.C.

hector.gnava@uabc.edu.mx

Los radares son instrumentos que transmiten y reciben ondas electromagnéticas, para posteriormente analizar las características de las ondas reflejadas por objetos. En oceanografía se utilizan diferentes tipos de radar para inferir características del oleaje, la velocidad de las corrientes, el viento superficial y la elevación del nivel del mar, entre otros. En particular, los radares de alta frecuencia y los radares marinos de banda X pueden monitorear de forma continua y simultánea las corrientes superficiales en grandes extensiones del océano con una alta resolución espacial y temporal. En este trabajo se analizan mediciones de corrientes realizadas con radares de alta frecuencia y banda X, estas mediciones incluyen datos obtenidos por la red de radares del Golfo de México, así como radares instalados en la Bahía Todos Santos y el Caribe Mexicano. Se realizan comparaciones de las corrientes superficiales estimadas con los radares con velocidades obtenidas con perfiladores acústicos anclados o en boyas y se utilizan técnicas Lagrangianas para determinar características del flujo y de la deriva superficial, con el objetivo de analizar la capacidad de estos sistemas para predecir en el corto plazo la trayectoria de partículas, lo que podría tener aplicaciones en la mitigación de eventos de derrames de hidrocarburos y la presencia nociva de sargazo.

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizadores

Emilio Beier

Alejandro Souza

Erik Coria Monter

Elizabeth Durán

Jorge Alejandro Kurczyn Robledo

OCE-1

IMPACTO DE OBSERVACIONES EN UN SISTEMA CON ASIMILACIÓN DE DATOS ROMS 4D-VAR PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Estrada Allis Sheila Natali¹, Moore Andrew², Sheinbaum Pardo Julio¹, Acevedo Souza Joao³ y Guerrero Moreno Lorena¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²University of California Santa Cruz, UCSC³MetOcean, New Zealand

sheila@cicese.mx

En las últimas décadas, el significativo impacto socio-económico derivado de accidentes naturales y antropogénicos en el Golfo de México (GoM) ha motivado el estudio oceanográfico para mejorar los sistemas de predicción oceánica con asimilación de datos. La optimización de los sistemas de asimilación de datos requiere un análisis exhaustivo del número y localización de las observaciones. Aquí se presentan nuevos resultados del impacto que tienen las observaciones asimiladas para el GoM mediante modelos adjuntos basados en 4D-Var en el modelo hidrodinámico ROMS. Esta metodología requiere de la previa definición de métricas que describen la circulación, dinámica energética a del GoM y la liberación de remolinos de la corriente del Lazo. Los resultados más relevantes de este estudio indican que los datos locales y remotos influyen de forma significativa a la circulación de la corriente del Lazo. Concretamente, los anclajes profundos de UGOS (SAIC) situados sobre la localización promedio de la corriente del Lazo, presentaron los impactos más grandes en la métrica de altura del nivel del mar, para un periodo de 3 años, seguido por los anclajes remotos de CICESE, localizados en el canal de Yucatán. Resultados similares se encontraron para la métrica de transporte a través de 90 grados oeste, límite promedio al cual los remolinos son liberados de la corriente del Lazo. Cabe destacar, que las observaciones mostraron picos de energía cinética turbulenta profunda en eventos de desprendimiento y que estos picos fueron fielmente reproducidos por 4D-Var. Con base al anterior resultado, se encontró que el impacto de las observaciones en predicciones de hasta 14 días, aumentaba considerablemente en los estados de liberación y picos profundos energéticos. Adicionalmente, los resultados muestran que la predicción energía cinética integrada verticalmente es mejorada por observaciones de velocidad y temperatura. En general de todos los experimentos, se concluye que las observaciones de velocidad son fundamentales tanto para productos de análisis como de predicción. Además, su combinación con otro tipo de observaciones mejora considerablemente el impacto de observaciones satelitales en la dinámica del GoM.

OCE-2

CLIMATOLOGÍA SUPERFICIAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y DE LA PLATAFORMA COSTERA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Kurczyn Alejandro¹, Beier Emilio², Athié Gabriela³, Marin Mark³ y Cerezo-Mota Ruth¹¹Instituto de Ingeniería, Unidad Académica Sisal, UNAM²CICESE - Unidad La Paz³Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana

jkurczyn@iingen.unam.mx

A partir de datos de satélite se estudió la climatología superficial del Golfo de México y la plataforma costera de la Península de Yucatán. Se analizó la variabilidad climatológica del promedio mensual junto con sus anomalías, de la distribución de la temperatura superficial del mar (TSM), la salinidad superficial (SSM) y el viento. Las corrientes superficiales fueron analizadas a partir de datos de correntímetros acústicos en tres sitios localizados cerca de la costa a lo largo de la Península: (1) Cabo Catoche, QRoo., (2) Sisal, Yuc., y (3) Chenkan, Cam. A partir de las distribuciones de la TSM en primavera, verano, otoño e invierno, es posible observar los periodos de calentamiento/enfriamiento (i.e. la señal anual y semianual). La SSM muestra la señal de descarga de agua continental de los grandes ríos y Lagunas costeras en el sur del golfo, como es el caso del Grijalva en Tabasco y la Laguna de Términos en Campeche, donde esta disminuye durante la temporada de lluvias

y aumenta en la época de mayor evaporación. Sobre la plataforma costera de la Península de Yucatán la SSM muestra valores más salinos que en el resto del golfo, encontrando valores máximos en el periodo de invierno-primavera influenciados por la evaporación superficial. La tendencia a largo plazo de las anomalías del nivel del mar (basada en 30 años de datos) y de la TSM (40 años de datos), muestran un aumento del nivel del mar y de la TSM a futuro para todo el GoM (en diferentes magnitudes), mientras que la salinidad (10 años de datos) muestra una disminución para casi toda la costa, pero un aumento en zonas más alejadas a esta (principalmente en la zona de la corriente de Lazo). Las corrientes sobre la plataforma continental también presentan un comportamiento estacional, siguiendo principalmente el patrón de vientos; sin embargo, dicha estacionalidad difiere de la observada en las variables hidrológicas, por lo que se sugiere que dividir por temporadas el comportamiento del mar en las zonas someras del sur del Golfo de México (lluvias, secas y nortes), podría ser subjetivo.

OCE-3

INFLUENCIA DE VIENTOS DEL NORTE EN UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DEL GOLFO DE MÉXICO

García Martínez Ivonne y Sheinbaum Julio

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

igarcia@cicese.mx

En otoño-invierno, la dinámica y termodinámica de los remolinos anticiclónicos desprendidos de la Corriente del Lazo están fuertemente influenciadas por el paso de frentes fríos y vientos del Norte (Nortes). A su vez, la interacción entre el viento y estos remolinos anticiclónicos modula los flujos de nutrientes verticales, la biomasa y la distribución de la comunidad de fitoplancton a nivel de mesoescala y sub-mesoescala. En esta presentación, se analizan los mecanismos físicos de interacción remolino-frente frío con base en simulaciones numéricas de alta resolución (3 km) del modelo oceánico NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean), contrastando simulaciones en donde se incluye parcialmente o no el efecto de las corrientes oceánicas en el esfuerzo del viento (current feedback). Este análisis forma parte de un trabajo en proceso enfocado en desarrollar e implementar un modelo acoplado océano-atmósfera de alta resolución para el Golfo de México.

OCE-4

ESTIMACIONES DE LOS FLUJOS Y APORTES DE CALCITA POR COCOLITOS EN LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS, GOLFO DE MÉXICO

García Romero Felipe de Jesús¹, Herguera Juan Carlos¹, Cortés Martínez MaraYadira², Lara Lara José Rubén¹, Bollmann Jörg³ y Aguirre Bahena Fernando⁴¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS³University of Toronto⁴Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

fgarcia@cicese.edu.mx

Con el objetivo de determinar los flujos y exportación de CaCO₃ de Cocolitos en dos zonas del Golfo de México, se analizaron muestras de sedimento recolectadas por dos trampas de sedimentación pasiva (McLane® Mark78H-21) instaladas a 1100 m de profundidad. Las trampas recolectaron muestras consecutivamente desde junio de 2016 a julio de 2017, con una resolución de 18 días. La identificación y conteo de cocolitos se realizó mediante imágenes tomadas con MEB. Posteriormente, se realizaron mediciones y estimaciones del aporte de calcita por especie. La región de Perdido registró una riqueza de 56 especies, mientras que Coatzacoalcos alcanzó 61. Los flujos de cocolitos totales para ambas regiones alcanzaron valores máximos de ~4000 X10⁶ cocolitos m⁻² d⁻¹, en invierno de 2016 y valores mínimos a finales de primavera principios de verano de 1300 X10⁶ cocolitos m⁻² d⁻¹ para Perdido y <150 X10⁶ cocolitos m⁻² d⁻¹. En ambos casos, tres especies dominaron (83 % de los flujos) la composición de especies en todo el periodo: Emiliana huxleyi, Gephyrocapsa oceanica y Florisphaera profunda (variación Elongata pequeña y profunda pequeña). El aporte de carbonato de calcio para la región de Perdido osciló

entre 5.7 y 32.3, con un promedio de 18.4 mg m⁻² d⁻¹, mientras que Coatzacoalcos fluctuó entre 0.06 y 36.6, con 14.2 mg m⁻² d⁻¹ en promedio. G. oceanica, E. huxleyi tipo a, Florisphaera profunda var., Helicosphaera carteri y Calcidiscus leptoporus contribuyen con el 80 % del CaCO₃ por coccolitos en ambas regiones. Durante el año de estudio, Perdido registró 368.4 mg m⁻² año⁻¹, lo que representa el 63% del CaCO₃ total. Mientras que Coatzacoalcos registró 299.6 mg m⁻² año⁻¹ o el 40% anual. El resto del carbonato puede ser aportado por foraminíferos, o micro moluscos, así como fragmentos calcáreos.

OCE-5

ON THE PREDICTABILITY OF THE LOOP CURRENT: NATURE RUN VALIDATION FOR OBSERVING SYSTEM SIMULATION EXPERIMENTS AND THE IMPACT OF MODEL RESOLUTION

Sheinbaum Julio¹, Jouanno Julien², Munguía Daniela¹, Jiménez Karina¹, Domínguez Alejandro¹ y Verdugo Ortega Homar¹

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

²LEGOS, IRD, Univ. Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France
julios@cicese.mx

Data from a high resolution NEMO ocean model configuration for the Gulf of Mexico (GoM) was used as "Nature Run" in several Observing System Simulation Experiments (OSSEs) and predictability studies carried out by different data assimilating models as part the UGOS modeling project funded by the National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. This simulation is here compared to several observations to gauge the performance of the model as well as results from other lower horizontal resolution NEMO GoM configurations. Although the higher resolution simulation is closer to observations, lower resolution simulations are also capable of producing a realistic Loop Current behavior and its eddy shedding suggesting the impact of sub-mesoscale features on this process is to some extent limited. A summary of results from predictability studies is also presented.

OCE-6

MODELACIÓN DEL DERRAME DE PETRÓLEO "DEEP WATER HORIZON" UTILIZANDO EL MODELO CIC-OIL

Verdugo Ortega Homar¹, Sheinbaum Julio¹ y Kotzakoulakis Konstantinos²

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

²SINTEF Ocean, Brattørkaia 17 C, 7010 Trondheim, Norway
homarverdugo@gmail.com

Utilizamos el modelo CIC-OIL para simular el accidente ocurrido en el norte del Golfo de México en abril 2010, conocido comúnmente como "Deep Water Horizon" (DWH). El modelo acoplado CIC-OIL traduce las salidas de "Texas A&M Oil Spill Calculator" (TAMOC) (Kotzakoulakis and George, 2021, doi.org/10.1201/9780429432156, github.com/CIGOM-Modelacion) para después utilizarlas como condiciones iniciales en un modelo basado en Opendrift (Dagestad et. al., 2018 doi.org/10.5194/gmd-2017-205) sobre el cual se realizaron una serie de modificaciones y adiciones a sus procesos intemperización del petróleo. Este acoplamiento le permite a CIC-OIL simular un derrame de petróleo en toda su extensión. Desde la explosión del pozo a su subsecuente evolución de campo lejano e intemperización. Se utilizaron seis procesos de intemperización para los experimentos: evaporación, biodegradación, esparcimiento, emulsificación, mezcla turbulenta y arrastre vertical generado por oleaje. Para el océano se utilizaron datos de temperatura, salinidad, y velocidades provenientes del re análisis de HYCOM y vientos superficiales de NOGAPS (www.hycom.org/data/gom00pt04/expt-50pt1). Se observa que el factor de arrastre de viento juega un papel principal en la cantidad de petróleo que se vara en la costa. Los resultados que mejor representan la distribución superficial de petróleo observada durante el accidente se obtuvieron aplicando una combinación de tres factores de arrastre de viento al advectar las "partículas".

OCE-7

CONDICIONES MIXTAS DEL ESTADO DEL MAR Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DEL OLEAJE LOCAL

Mora Escalante Rodney Eduardo¹, Osuna Cañedo José Pedro¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²

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

²CeMIE-Océano A.C.

rmora@cicese.edu.mx

Los estudios sobre crecimiento del oleaje en laboratorio y observaciones de campo consideran la generación y desarrollo de las olas en condiciones ideales, con un viento estacionario y homogéneo que actúa sobre la superficie del océano. En la mayoría de los mares del mundo, el swell esta presente. Desde hace 70 años se estudia el efecto del swell en el oleaje local, las teorías y conclusiones son diversas. En años recientes, las investigaciones se centran en el papel del swell y su relación con el esfuerzo del viento. La investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿qué influencia tiene la presencia de swell en el crecimiento de las olas cortas? Con base en observaciones obtenidas con una boya BOMM (boya oceanográfica y de meteorología marina) durante el periodo de otoño-invierno (2018 -2019) en el Golfo de México (GoM), se realizaron mediciones de viento y de oleaje con una resolución

temporal alta. Este periodo del año se caracteriza por el paso de frentes fríos, entre 3 a 5 eventos por mes. Las condiciones de viento cambian abruptamente. Consecuente, esto representa una oportunidad única para estudiar la generación y desarrollo del oleaje en presencia de swell. Se usa la partición del espectro de las olas para separar la señal del swell y del wind sea para evaluar el efecto del swell. Se presentan resultados de la influencia del swell en el crecimiento del oleaje utilizando parámetros como la pendiente de la ola, la edad de la ola, la fracción de energía del swell, entre otros parámetros que caracterizan el espectro de energía. Dependiendo del porcentaje de swell presente en el espectro de olas, los niveles de energía y forma espectral en la frecuencias altas es modificado. El swell debe ser tomado en cuenta en las formulaciones y estudios sobre el crecimiento de las olas.

OCE-8

NUEVA BASE DE DATOS CANEK: EL FLUJO A TRAVÉS DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE EL PERIODO 2012-2020

Durante Barajas Giovanni, Candela Pérez Julio y Sheinbaum Pardo Julio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
gdurante@cicese.edu.mx

El proyecto CANEK (CNK) mantiene una red de monitoreo de corrientes y temperatura a través del canal de Yucatán desde 1999. En verano de 2012 se extiende la red de anclajes para cubrir una sección en los estrechos de Florida; de esta forma, se monitorea simultáneamente el flujo de entrada y de salida a través del golfo de México (GdM). La nueva base de datos CNK se conforma de observaciones de los campos de corrientes y temperatura a lo largo de los transectos mencionados, con una resolución temporal horaria que reúne datos desde julio de 2012 hasta noviembre de 2020 (~8.4 años). Se investiga la consistencia de la base de datos CNK utilizando datos satelitales altimétricos (topografía dinámica absoluta). Los resultados muestran que existen correlaciones significativas entre la profundidad de las isotermas y la topografía dinámica a lo largo de los transectos CNK. Por otro lado, la posición horizontal de las principales corrientes (de Yucatán y de Florida) obtenida de la base de datos CNK muestra fuertes correlaciones con la posición de dichas estructuras estimada a través de corrientes geostróficas altimétricas. El análisis de coherencia wavelet muestra que los acoplamientos entre altimetría y las secciones CNK ocurren principalmente en periodos largos (>365.25 días), aunque también se manifiestan en la banda de mesoescala con periodos mayores a 14 días, y se extienden durante casi todo el periodo de estudio. La base de datos CNK permite investigar las relaciones entre el comportamiento de la corriente del Lazo (CL) y la estructura de las secciones monitoreadas (con gran detalle en la vertical), empleando parámetros altimétricos de la CL como su área, o eventos de desprendimiento de anticiclones. Resultados preliminares muestran que existe coherencia entre procesos de compensación parcial del transporte por capas y eventos de intrusión/retracción de la CL. Para dicho análisis se aplica un criterio de capas definidas por isotermas que contienen a los núcleos de las masas de agua de la zona. La componente principal del primer modo empírico del transporte por capas, que explica ~45% de la varianza, indica que existe convergencia (divergencia) del transporte en las capas de las aguas subsuperficial subtropical, modal subtropical y central del Atlántico tropical, a la vez que existe divergencia (convergencia) en las capas superficial y profunda. Este patrón muestra coherencia con procesos de intrusión/retracción de la CL, principalmente en periodos de entre 3 y 16 meses. Se especula que el mecanismo que da lugar a este comportamiento es la conservación de vorticidad potencial, que posiblemente relaciona cambios de latitud de la CL, variaciones en la razón de producción de agua subtropical subsuperficial y el paso de anticiclones a través del canal de Yucatán.

OCE-9

PRONÓSTICO DE LAS VARIACIONES HIDROGRÁFICAS EN UN POLÍGONO DADO USANDO APRENDIZAJE AUTOMÁTICO; CASO DE ESTUDIO GOLFO DE MÉXICO

Pérez Navarro Marco Antonio¹, Castro Liera Marco Antonio¹, Tenorio Fernández Leonardo², Romero Quintero Emmanuel³, Luna Taylor Jorge Enrique¹ y Castro Liera Iliana¹

¹Instituto Tecnológico de La Paz (ITLP), La Paz, B.C.S., 23080, México.

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
m21310001@lapaz.tecnm.mx

El volumen de datos hidrográficos en los océanos se ha incrementado de forma significativa en la actualidad, esto gracias al progreso en la tecnología de los equipos oceanográficos, y al número de instrumentos hidrográficos autónomos del proyecto Argo, el que cuenta con aproximadamente 4 000 perfiladores hidrográficos autónomos desplegados en todos los océanos del mundo. Sin embargo, existen áreas del océano con poca densidad de mediciones en el espacio y en el tiempo. Este es el caso de la región central y sur del Golfo de México. Lo anterior, otorga series temporales de datos hidrográficos incompletas, que dificulta obtener tendencias y desarrollar modelos predictivos. Por lo tanto, esta propuesta tienen como objetivos: (i) desarrollar modelos de aprendizaje automático, basados en redes neuronales artificiales (RNA), que permitan completar las series temporales de datos hidrográficos (temperatura y salinidad) en un polígono dado, en este caso, en el Golfo de México; (ii) hacer predicciones utilizando las series temporales ya completas en dicho polígono. Los datos de entrada para los modelos son principalmente provenientes de perfiladores hidrográficos autónomos del proyecto Argo, así como de otros instrumentos recopilados en la World Ocean Database.

Se implementaron modelos de RNA del tipo pre-alimentadas, probando diferentes arquitecturas, así como diferentes combinaciones de hiper-parámetros de la RNA, mediante las cuales fue posible efectuar la predicción espacial. La RNA con los mejores resultados tiene las siguientes características: 2 neuronas en la capa de entrada, 5 capas ocultas con 200 neuronas cada una, función de activación ReLU, optimizador Adam, razón de aprendizaje 0.001. Con esta RNA se obtuvo un error cuadrático medio (MSE) de 0.06 y un coeficiente de determinación (R^2 cuadrada) de 0.98. A la fecha, se trabaja en el segundo objetivo, realizando la predicción utilizando modelos de RNA pre-alimentadas y RNA recurrentes del tipo de memoria de corto plazo.

OCE-10

OBSERVACIONES EN TIEMPO REAL CON LA FINALIDAD DE PROVEER DE INFORMACIÓN ESTRATÉGICA A LOS USUARIOS DE LAS ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS RELEVANTES EN LOS MARES MEXICANOS

Tenreiro Miguel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
tenreiro@cicese.mx

El objetivo del proyecto "Observaciones en tiempo real con la finalidad de proveer de información estratégica a los usuarios de las actividades socioeconómicas relevantes en los mares mexicanos" es identificar, conglomerar, y aplicar la información, en tiempo real, generada por los diferentes programas nacionales e internacionales de monitoreo del golfo de México y proporcionar información estratégica a las principales actividades socioeconómicas que ahí se desarrollan. La sustentabilidad de los océanos se erosiona dramáticamente y la disponibilidad de información en tiempo real es fundamental para originar economías "azules" que reduzcan el impacto sobre los océanos y sus ecosistemas. Se pretende contribuir a resolver algunas de las necesidades de la industria comercial y recreativa del golfo de México a través del procesamiento y análisis de información pública distribuida en tiempo real por agencias nacionales e internacionales con productos derivados de aplicación inmediata para la sociedad. Las diferentes bases de datos utilizadas proporcionan información tanto sinóptica de variables con expresión superficial del golfo de México como puntuales en forma de perfiles verticales de la columna de agua. Además, se utilizan datos en tiempo real adquiridos por planeadores submarinos autónomos distribuidos por el Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) así como bases de datos históricas que se correlacionan con los datos satelitales sinópticos en tiempo real para reconstruir productos derivados. El desarrollo de estos productos provee información acerca del destino de objetos flotantes, de la localización de estructuras de corrientes de mesoescala (remolinos y frentes), del contenido de calor, entre otros, con el intuito de estrechar la relación entre la ciencia básica y las diferentes actividades de la sociedad. Aplicar el conocimiento adquirido para construir un golfo de México sustentable que conlleve a la preservación de sus recursos y biodiversidad enfrente a un escenario de calentamiento global es fundamental.

OCE-11

EFFECTO DEL OLEAJE EN LA TRANSFERENCIA DE MOMENTO ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA

Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo¹, Ocampo Torres Francisco Javier² y Osuna Cañedo Pedro¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Investigador independiente
carlosvillaola@gmail.com

Estimar correctamente el esfuerzo de viento en la superficie del mar es de suma importancia en los modelos para estudios climáticos, el pronóstico del tiempo y estudios de interacción entre el océano y la atmósfera. Usualmente, se utilizan en estos modelos parametrizaciones del esfuerzo de viento que dependen únicamente del cuadrado de la velocidad del viento y la rugosidad de la superficie. Dichas parametrizaciones tienden a sobrestimar la transferencia de momento, especialmente en regímenes de viento débil a moderado. En el océano, el viento transfiere momento a la superficie por medio de turbulencia, y simultáneamente, la superficie libre transfiere momento a la atmósfera debido al oleaje, siendo más evidente en presencia de swell. Al realizar mediciones cerca de la superficie, dentro de la llamada capa límite del oleaje, es posible descomponer el esfuerzo de viento en una fracción que representa la turbulencia y otra que es coherente con el oleaje. El esfuerzo de viento coherente con las olas se puede relacionar con otros parámetros que describen el estado del mar. Se analizaron mediciones de tres sitios en donde se colocaron boyas (BOMM) del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM). Se procesaron las señales de nivel de la superficie libre captadas por 6 alambres de capacitancia usando el Wavelet Directional Method (WDM) para obtener espectros direccionales de las olas. Aplicando el método de correlaciones turbulentas (Eddy Covariance) a la señal del anemómetro sónico en la boya, se obtuvo el esfuerzo de viento. Al determinar las coherencias entre la señal de las componentes de velocidad del viento y la de la superficie libre, se calculó la fracción del esfuerzo de viento asociado al oleaje. También se realizaron mediciones de la corriente cerca de la superficie mediante un ADV. Se presenta el análisis estadístico de la relación entre la altura significativa de las olas, la edad de la ola, la velocidad orbital media en el océano inducida por las olas y la velocidad de las corrientes con el esfuerzo de viento coherente con el oleaje. Del mismo modo se presenta un

análisis de la dirección del esfuerzo de viento en relación con la dirección del viento y el oleaje.

OCE-12

RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DEL CAMPO TERMOHALINO Y VELOCIDADES GEODTRÓFICAS DEL GOLFO DE MÉXICO A PARTIR DE ALTIMETRÍA SATELITAL Y DATOS IN SITU

Pérez Brunius Paula, Meunier Thomas, García Paula, Rodríguez Javier, Rojo de Anda Georgina y Bower Amy

CICESE

lapaulan@yahoo.com

En este trabajo se presenta una base de datos en la que se ha reconstruido el campo 4D de la estructura termohalina y las velocidades geográficas para el periodo entre 1993 y 2021, mediante una metodología basada en la combinación de perfiles hidrográficas y altimetría satelital conocida como Gravest Empirical Mode (GEM) que resuelve la variabilidad de mesoescala. Se muestra la capacidad del método comparando con datos de secciones de planeadores submarinos. Esta base de datos puede resultar de utilidad para validar modelos numéricos o incluso para asimilación de datos, y también para usuarios que requieran conocer las condiciones hidrográficas bajo las cuales se realizaron muestreos puntuales.

OCE-13

ESTUDIO NUMÉRICO DE LOS REMOLINOS DEL ESCARPE DE CAMPECHE

Dominguez Guadarrama Alejandro¹, Sheinbaum Pardo Julio¹, Candela Pérez Julio¹, Pérez Brunius Paula¹ y Jouanno Julien²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Institute for Research Development (IRD), Laboratory for Studies in Geophysics and Spatial Oceanography (LEGOS)

adomingu@cicese.edu.mx

En la zona abisal del golfo de México, frente al escarpe de Campeche, existe una zona donde se ha observado la formación de remolinos de mesoescala conocidos como Remolinos del Escarpe de Campeche (RECs, Furey et al., 2018). Estos remolinos se forman cuando la corriente ciclónica de frontera (CBC, Pérez-Brunius et al., 2017) se separa del talud continental. En este trabajo se presentan resultados de un modelo de alta resolución (3km) que captura la formación de estos remolinos. Primero, se validan los resultados con observaciones, posteriormente, se usan los resultados del modelo para estudiar las condiciones generales del flujo necesarias para su formación, y los procesos responsables de esta; además se realiza una caracterización de estos remolinos. Se encuentra que son dos procesos principales los que promueven la formación de los RECs: 1) el paso de remolinos ciclónicos y su interacción con el Escarpe de Campeche, y 2) la aceleración de la corriente de frontera debida a la presencia de remolinos ciclónicos en la zona de la Bahía de Campeche. Ambos procesos resultan en la intensificación de la corriente en la zona de separación. La corriente, al interactuar con la batimetría local produce vorticalidad anticiclónica que al ser advectada por el flujo se separa del talud, se inestabiliza y forma remolinos anticiclónicos de (sub) mesoescala. Cálculos preliminares indican que se trata de un proceso de inestabilidad barotrópica que da origen a estos remolinos. Los RECs tienen diámetros aproximados ~15km, (máximos de 35.66km y mínimos de 7km), y se extienden desde el fondo (~3700m) hasta 1000m, velocidades orbitales promedio ~6.5 cm/s (max 11.67 cm/s), números de Rossby promedio $Ro \sim 0.1745$ (máximos $Ro \sim 0.326$ y mínimos $Ro \sim 0.0657$) y duración promedio de $D \sim 151$ días con máximos de 337 días. Para el periodo estudiado, se generan un promedio de 3.5 RECs por año.

OCE-14

RELACIONES ENTRE EL TRANSPORTE SUPERIOR A TRAVÉS DEL CANAL DE YUCATÁN Y LA INTRUSIÓN Y DESPRENDIMIENTO DE REMOLINOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Moreles Vázquez Luis Efraín, Higuera Parra Susana, De Santos Medina Ana Lucía, Vázquez-Ramírez Jenny Amairani y Olvera Prado Erick Raúl

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

moreles@cmarl.unam.mx

El transporte a través del Canal de Yucatán (YC) es un forzamiento clave del Sistema de Corriente de Lazo (LCS), que influye en la intrusión de la Corriente del Lazo (LC) y el desprendimiento de sus remolinos (RCL). La relación entre estos tres procesos no se conoce con detalle, y se requieren análisis adicionales con datos realistas de largo plazo. Este trabajo estudia el transporte superior a través del CY y su relación con el comportamiento del SCL, y propone un pronóstico estadístico que incorpora estos tres procesos. Se realizó una corrida libre de 22 años de la hidrodinámica del Golfo de México con el modelo HYCOM sin incorporar forzamiento atmosférico, y se investigaron las relaciones de las métricas del SCL con las ramas este y oeste del transporte integrado verticalmente en los primeros 500 m a través del CY. Se identificaron asociaciones distintivas entre los transportes este y oeste, la intrusión de la CL, y los desprendimientos de RCL; tales relaciones no fueron identificadas al considerar el transporte total. La introducción de métricas modificadas de la CL

construidas como las métricas originales normalizadas por los transportes este y oeste nos permitió obtener una relación significativa entre el transporte, las métricas de la CL, y el diámetro de los RCL para cada evento de desprendimiento. La bondad de ajuste de dicha relación, dada por una función polinomial, depende fuertemente de la longitud divisoria del CY, siendo óptima en 85.8°O y 86.3°O para las ramas este y oeste del transporte, respectivamente. Los resultados abren la posibilidad de construir un pronóstico estadístico del SCL en el que se pueda predecir el desprendimiento y diámetro de un RCL en función de las métricas de la CL y el transporte a través del CY.

OCE-15

VARIABILIDAD DEL CAMPO DE OLEAJE A VIENTOS SIMULADOS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DURANTE UN CICLÓN TROPICAL

Pérez Sampablo Laura¹, Osuna Pedro¹, Esquivel Trava Bernardo¹, Rasclé Nicolas² y Ocampo Torres Francisco Javier³

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

²Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, CNRS, Ifremer, IRD

³CeMIE-Océano A.C.

pslaura@cicese.edu.mx

La respuesta de la alta variabilidad espacio-temporal del campo de vientos durante las etapas de tormenta moderada e intensa del ciclón tropical Isaac (2012) en el campo de oleaje obtenido con el modelo numérico WaveWatch III es realizado en este trabajo. Los campos de viento realistas son generados por una implementación de alta resolución del modelo atmosférico para huracanes HWRF (Hurricane Weather Research and Forecasting). Los resultados indican que el campo de viento es altamente variable en espacio y tiempo, además, que su estructura promedio es muy similar a la descrita con modelos paramétricos y con observaciones. Los campos de oleaje generados por la tormenta poseen una estructura persistente, con máximos de oleaje presentes en los cuadrantes delanteros de la tormenta (IV y I) y en el cuadrante trasero (II). Esta estructura está determinada por los vientos fuertes de los cuadrantes I y II, además de la condición de fetch extendido en dicha región y de la velocidad de traslación de la tormenta. En las regiones más alejadas al ojo de la tormenta, en los cuadrantes a la izquierda del centro de la tormenta, el campo de olas está determinado por oleaje largo,

OCE-16

SISTEMA OPERACIONAL PARA SIMULAR ESCENARIOS DE DERRAMES DE PETRÓLEO

Cerda Chacon Juan Carlos, Sheinbaum Julio, García Lucero Angeles Berenisse y Verdugo Ortega Homar

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

jcerda@cicese.mx

En este trabajo se presenta un sistema operacional para la evaluación de escenarios de derrames de petróleo en el Golfo de México, elaborado a partir del modelo CIC-OIL desarrollado por Kotzakoulakis et al. (2019), que hace un acoplamiento entre una versión integrada y mejorada del modelo de campo cercano TAMOC con el modelo de campo lejano de OpenDrift. El primer modelo de campo cercano, Texas A&M Oilspill Calculator (TAMOC) (Socolofsky, et al 2015), desarrollado en Python y Fortran, es un conjunto de modelos de acceso libre que simula y predice el transporte petróleo y gas liberados en accidentes submarinos (Kotzakoulakis & George, 2021). El segundo modelo, OpenDrift (Dagestad, et al 2018, Röhrs, et al 2018), es un software de acceso libre basado en Python para la modelación lagrangiana de partículas desarrollado por el Instituto Meteorológico Noruego. La operación del sistema consta de 3 etapas: 1) Descarga diaria de la información disponible de los forecast de viento y corrientes oceánicas para el Golfo de México que servirán como forzamiento para los modelos, para el viento se usa el modelo Global Forecasting System (GFS) y para corrientes oceánicas se usan los modelos NCOM-AmSeas (Global Navy Coastal Ocean Model American Seas) y HYCOM (Navy Global Hybrid Coordinate Ocean Model); 2) Se ejecuta el modelo del campo cercano, para simular un derrame submarino usando información de las corrientes y la composición del fluido del yacimiento. Se definen la profundidad del derrame, las condiciones iniciales del flujo, el caudal, la duración, el diámetro de salida, la inclinación vertical, la dirección horizontal, la temperatura del fluido, la viscosidad y la tensión interfacial con el agua, el número de tamaños diferentes de partículas. Los resultados almacenan las posiciones y masas finales de las partículas y de los componentes disueltos; y 3) Se ejecuta el modelo OpenDrift, donde se simula la dispersión de (partículas) aceite en el océano alimentado por las salidas del modelo TAMOC, con las posiciones y propiedades de los componentes de la pluma. Debido a que este sistema es altamente configurable, i.e. se pueden variar diferentes parámetros como tipo de petróleo, arrastre del viento, etc., es posible crear múltiples escenarios probables de un derrame de petróleo, es decir, se puede adecuar a las características de cualquier tipo de derrame. En este trabajo, se muestran los resultados en 4 diferentes localizaciones cercanas a las ciudades de Veracruz, Tuxpan, Coatzacoalcos y Ciudad del Carmen, que cumplen con la condición de profundidades iguales o mayores a 300 m. Se utilizan 4 diferentes tipos de petróleo que van desde pesados a ligeros, así como 17 como variaciones en el coeficiente de arrastre del viento, ejecutando así 272 configuraciones diferentes en menos de dos horas.

OCE-17

TRANSPORTE Y ARRIBAZÓN POTENCIAL DE SARGAZO HOLOPELÁGICO EN EL CARIBE MEXICANO: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A DIFERENTES CONFIGURACIONES DE UN MODELO NUMÉRICO

Lara Julio¹, Enriquez Ortiz Celicila², Zavala Hidalgo Jorge³, Cuevas Flores Eduardo¹, Uribe Abigail¹ y Van Tussenbroek Brigitta I.¹

¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

²ENES Mérida UNAM

³ICAYCC - UNAM

julioalh@atmosfera.unam.mx

Se analizó el transporte y arribazón potencial de sargazo holopelágico en el Caribe Mexicano, mediante modelación de seguimiento Lagrangiano de partículas y pruebas de sensibilidad a diferentes factores. Los factores estudiados fueron el factor del esfuerzo del viento (0, 1, 2 o 3% de la rapidez del viento), el grosor de la capa de corrientes transportadora (0 m vs promedio de corrientes de 0-5 m), la fuente de datos de viento (reanálisis ERA5 vs reanálisis CFSv2) y la fuente de datos de corrientes (HYCOM Global vs HYCOM del Golfo de México). El efecto del crecimiento de sargazo así como la variabilidad entre los meses ago-2018, sep-2018, ene-2019 y abr-2019 también fueron analizados. Los resultados indican que el factor del esfuerzo del viento, el cual es afectado por la distribución vertical del sargazo, es claramente el factor que más afecta a los arribazones. Cuando el factor del esfuerzo del viento aumenta, el arribazón de sargazo aumenta de 10% a 30%. El transporte por las corrientes superficiales ($z = 0$ m) causó un arribazón ~3% mayor que el provocado cuando se consideran corrientes más profundas (0-5 m). Igualmente, el arribazón de sargazo aumentó en un ~3% al considerar crecimiento. Los vientos de ERA5, en comparación con los de CFSv2, causaron 2% menos arribazón de sargazo, pero presentaron un mejor ajuste con vientos medidos. La fuente de datos de corrientes tuvo el menor efecto sobre el porcentaje de arribazón de sargazo. Sin embargo, el HYCOM Global se ajustó ligeramente mejor a corrientes oceánicas estimadas con satélite. La diferencia en el porcentaje de arribazón entre los meses analizados fue de 3% en promedio (con un máximo de 7.5%), siendo sep-2018 el mes con mayor potencial de arribazón. En general, el sargazo en la parte sur del Caribe Mexicano (al sur de ~19°N) mostró mayor probabilidad de arribar en la región. No obstante, el sargazo a menos de 10 km de la costa, incluido el ubicado al norte de ~19°N, mantuvo una probabilidad muy alta de arribo. Dependiendo del factor de resistencia al viento y de la cercanía a la línea de costa, el sargazo en el Caribe Mexicano usualmente arriba en un periodo de 0-7 días. Una proporción significativa del sargazo que arriba pasa a través del sur del Caribe Mexicano, entre 17-19°N y 85-87°W. Así, el monitoreo y recolecta de sargazo en dicha región podría ayudar a predecir y mitigar arribazones con una semana de anticipación.

OCE-18

EVALUACIÓN DE DISTINTAS RESOLUCIONES DE NEMO PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Jiménez Karina¹, Jouanno Julien², Sheinbaum Julio¹, Munguía Daniela¹, Domínguez Alejandro¹ y Verdugo Ortega Homar¹

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

²LEGOS, France

kjimenez@cicese.edu.mx

Se comparan tres simulaciones regionales de NEMO con diferente resolución espacial y a su vez, contra bases de datos de observaciones para evaluar el realismo de la simulación. Se pretende investigar el impacto de la escala espacial en la dinámica física del Golfo de México (GoM), en especial de la Corriente del Lazo (CL) y el desprendimiento de sus remolinos. Las simulaciones GOLFO12, GOLFO36 y GOLFO108 son una configuración de NEMO en torno al GoM y Mar de Cayman, de aproximadamente 9km, 3km y 1km respectivamente. Tiene 75 niveles en la vertical y salidas promedio diarias. Las diferentes simulaciones se ajustan a los valores de la circulación observada, incrementando la presencia de remolinos y filamentos de submesoescala en la simulación de mayor resolución. GOLFO12 y GOLFO36 son una configuración relativamente más ligera, que resuelve adecuadamente la dinámica general del GoM. GOLFO36 es usado en estudios de previsibilidad contra modelos de pronóstico y GOLFO108 para simular la naturaleza (Nature Run) en experimentos de simulación de sistemas de observación (OSSE) en el programa UGOS (Understanding Gulf Ocean Systems) de la NAS (National Academy of Sciences), con el fin de mejorar el entendimiento y pronóstico de la circulación del Golfo de México.

OCE-19

IMPORTANCIA DE LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO A LO LARGO DEL GOLFO DE MÉXICO POR MEDIO DE ANÁLISIS ISOTÓPICOS DEL ZOOPLANCTON

Hernández-Sánchez Oscar¹, Herzka Sharon¹, Camacho-Ibar Víctor², Barbero Leticia³ y Herguera Juan Carlos³

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

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies (CIMAS), University of Miami, and NOAA's Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory
oskrgabo@gmail.com

La estimación de la contribución de las fuentes de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) a la producción primaria y secundaria en el océano es fundamental para entender los flujos biogeoquímicos y la respuesta de las aguas superficiales a variaciones ambientales y de circulación, incluyendo el inducido por el cambio climático. Por vez primera, se calcularon las contribuciones regionales de distintas fuentes de NID a la producción secundaria para todo el golfo de México. Con base en el análisis de muestras zooplancton (< 1000 um) colectadas en la región de aguas profundas y sobre la plataforma durante dos cruceros sinópticos (XIXIMI-06 y GOMECC-3) realizados durante el verano de 2017, se construyó un isopaisaje "isocape" de razones isotópicas de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$). Se encontró un gradiente latitudinal sorprendente en los valores de $\delta^{15}N$ del zooplancton, con los valores más altos ($10.4 \pm 1.2\%$) sobre la plataforma norte y los valores más bajos en el golfo oligotrófico central ($1.9 \pm 0.5\%$). Para estimar la contribución de las posibles fuentes de NID que sustentan la producción secundaria, el golfo se dividió en seis regiones considerando la distribución espacial de la Chl-a superficial, la temperatura superficial del mar y las posibles fuentes regionales. Por medio de una recopilación bibliográfica de los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ de la materia orgánica particulada (MOP) superficial como proxy de la composición isotópica de los productores primarios, se estimó la contribución regional de las fuentes con un modelo de mezcla bayesiano. Los resultados de los modelos y las diferencias regionales en los valores de $\delta^{15}N$ indicaron que la fijación de nitrógeno es una fuente importante (45-74% de contribución) del nitrógeno nuevo en la región oceánica del golfo, la corriente del Lazo y la plataforma de Yucatán. En el golfo oligotrófico central, la remineralización de la MOP de la capa superficial o la excreción de nitrógeno ligero por heterótrofos fue insuficiente para explicar los valores bajos de $\delta^{15}N$, podrían representar hasta el 40% de la producción secundaria. Los altos valores de $\delta^{15}N$ que se encontraron en la plataforma norte se atribuyen a la desnitrificación y a la entrada de nitrógeno enriquecido en $15N$ del sistema fluvial Misisipi-Atchafalaya. Nuestros resultados respaldan la importancia de la fijación en la región de aguas profundas del golfo de México durante el verano, característico por sus aguas superficiales altamente estratificadas.

OCE-20

ANÁLISIS SOBRE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DE LA DERIVA DE STOKES ANTE CONDICIONES DE VIENTO ALTAMENTE VARIABLE

Osuna Pedro¹, Quinn Cervantes Luis Daniel¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²

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

²CeMIE-Océano A.C.

osunac@cicese.mx

La deriva de Stokes es una corriente asociada a movimiento orbital del oleaje. Bajo ciertas condiciones del estado del mar, esta corriente posee una magnitud significativa en comparación con la magnitud de la corriente superficial promedio. La deriva de Stokes (Ustk), junto con el arrastre directo del viento, suelen ser factores importantes en las estimaciones sobre la deriva de elementos que flotan sobre la superficie del mar. Una forma muy simplificada (y ampliamente utilizada) para estimar Ustk en la superficie del mar es considerar que su magnitud es proporcional a una fracción de la magnitud del viento (usualmente 1.5%). Otras aproximaciones en aguas profundas utilizan parámetros integrales del oleaje, como la altura significante y el periodo promedio de campo de olas. Bajo condiciones de viento moderado, las aproximaciones paramétricas suelen dar estimaciones precisas sobre la magnitud de Ustk en la superficie y, muchas de las veces, su estructura vertical es aceptablemente representada. En el caso de estados del mar complejos, producto de la acción de campos de viento altamente variables, la estructura vertical de la deriva es pobremente descrita por las aproximaciones paramétricas, tomando como referencia la estimación obtenida a partir del espectro direccional del oleaje. En este trabajo se determinan las condiciones de viento bajo las cuales se obtiene una pobre estimación de la deriva de Stokes en la superficie y en la vertical al hacer uso de relaciones paramétricas. Se utilizan espectros direccionales calculados a partir de observaciones en el Golfo de México bajo condiciones de Norte, así como espectros direccionales calculados por el modelo espectral WaveWatch III durante el paso de un huracán. Resultados preliminares durante un evento Norte indican que el uso de un factor de 1.5% de la magnitud del viento reproduce de manera aceptable la magnitud de Ustk en superficie bajo condiciones de estado de mar bien desarrollado. Esta aproximación produce una sobrestimación severa de la magnitud de la deriva en superficie durante cambios súbitos en la dirección del viento, así como una pobre representación de su estructura vertical.

OCE-21

DISTRIBUCIÓN Y TRAYECTORIAS DE REMOLINOS CICLÓNICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Cisneros Sebastian, Pallàs Sanz Enric y Tenreiro Miguel
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
cisneros@cicese.edu.mx

Entender la dinámica de los remolinos ciclónicos (RCs) en el Golfo de México (GoM) es un paso importante para mejorar los modelos numéricos de pronóstico en esta región. Dos ejemplos claros son: (a) el papel de los RCs de la región de la Corriente de Lazo (CL) en el desprendimiento de los remolinos de la CL (LCE), y (b) el rol de los RCs en el transporte de trazadores. Un primer paso, para comprender mejor esta dinámica es identificar las posibles zonas de generación de RCs y sus trayectorias preferenciales. Para la detección de RCs se utilizó un método que se basa en la búsqueda de los mínimos de ADT asociados a los centros de los remolinos, y sus periferias corresponden a contornos cerrados de ADT a lo largo del cual la velocidad azimutal promedio es máxima. Para el seguimiento de las trayectorias de los RCs, el algoritmo se basa en la búsqueda de intersecciones de bordes de los remolinos entre mapas consecutivos. A partir de los RCs detectados, se confeccionaron mapas climatológicos de la distribución de los centros, el radio (Ra), la amplitud (Amp), la energía cinética (EKE), y el número de rossby (Ro) de los RCs. Los valores medios de estas características fueron de Ra = 66 km, Amp = 6 cm, Ro = 0.12, y EKE = 0.025 m²/s². Dividimos el área de estudio en 2 regiones, al Este de 90° W del GoM (EgoM), y al Oeste de 90° W del GoM (OgoM). En el EgoM se observaron los RCs más intensos (Ro > 0.2) y de mayor EKE a lo largo de la periferia de la CL. En esta región identificamos dos zonas de posible generación de RCs: (i) la zona de la muesca, al noreste de la plataforma de Yucatán (ZM), (ii) el flanco noroeste del Banco de Campeche (NoBC). Los RCs de la ZM presentaron mayores valores de Ra, Amp y EKE que los del NoBC. En el OGoM se identificaron, en su mayoría, remolinos menos intensos (0.05 < Ro < 0.2), donde notamos dos regiones con mayor presencia de RCs en todo el GoM: (i) la bahía de Campeche, con la presencia semi permanente del ciclón de Campeche (CCE), con menor frecuencia en verano, y mayor frecuencia en otoño-invierno, (ii) la zona del Noroeste del GoM también es una zona de fuerte actividad ciclónica. En el análisis de trayectorias se distinguió que los algunos RCs que se generan en la ZM se propagan por la periferia de la CL. Además, los RCs del NoBC se propagan hacia el Oeste junto a grandes LCEs formando dipolos, y la trayectoria del dipolo dependerá del tamaño relativo entre las dos estructuras.

OCE-22

LAGRANGIAN COHERENT STRUCTURES AND PILOT WHALE MOVEMENTS ALONG AND ACROSS THE VERACRUZ-TAMAULIPAS SHELF-BREAK

Munguía Daniela y Sheinbaum Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
dmunguia@cicese.edu.mx

This research looks into the possibility of relating the distribution and behavior of a group of pilot whales in the Gulf of Mexico to Lagrangian coherent structures defined as ridges of finite-time Lyapunov exponent fields. FTLEs were calculated using geostrophic currents obtained from altimetry data. In particular, FTLE structures were analyzed by superimposing on them the daily position of the pilot whales. Results show that whales usually swim close to the continental shelf-break following structures associated with the evolution of the Campeche bay cyclonic circulation moving towards the coast, but can also move away from the shelf-break following frontal structures marked by the FTLE fields. By looking at the FTLEs structures we demonstrate that the movement of pilot whales can be influenced by the circulation produced by the interactions of mesoscale eddies along and across the continental shelf break of the Campeche bay. Our results support the ideas that the behavior of pelagic predators is impacted by the presence of mesoscale eddies and their associated frontal systems, but much work remains to be done to clearly understand these relations. Integrated and multidisciplinary oceanographic studies, as fostered by the CIGOM project, should continue to help decision making and management of ocean resources in the forthcoming years.

OCE-23

CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa, Herguera Juan Carlos y Herzka Sharon
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
ycontrer@cicese.edu.mx

Los remolinos juegan un papel importante en los procesos de mezcla lateral y vertical de partículas de carbono orgánico particulado (COP), así como en el transporte de calor, salinidad y trazadores biogeoquímicos en las aguas abiertas del Golfo de México (GoM). Sin embargo, hay observaciones limitadas para caracterizar cómo estas estructuras de mesoescala afectan la distribución espacial de COP en las aguas superficiales y su importancia para el ciclo y la exportación de materia orgánica. En este trabajo se presentan los patrones de distribución de COP en las aguas superficiales de la región de aguas profundas del GoM con base en muestras recolectadas en tres cruceros oceanográficos realizados durante los meses de verano en 2015, 2016 y 2017. Las muestras fueron recolectadas bajo

condiciones oceánicas superficiales bien estratificadas y nos ofrecen la oportunidad de comprender el papel de la actividad de mesoescala en los patrones de distribución espacial del COP en las aguas superficiales del GoM. Examinamos la distribución espacial y temporal de COP considerando las profundidades de la capa de mezcla, la profundidad máxima de fluorescencia y los primeros 100 m. Además, utilizamos la altura de la superficie del mar, la densidad, la utilización aparente de oxígeno y la fluorescencia para caracterizar las concentraciones de COP en las diferentes estructuras de mesoescala, remolinos ciclónicos y anticiclónicos durante los períodos de muestreo. Nuestros resultados muestran una relación más fuerte entre el COP y las variables físicas durante los años de mayor actividad de mesoescala en la parte central del GoM a lo largo de la trayectoria de los grandes remolinos anticiclónicos desprendidos de la Corriente de Lazo, lo que implica la importancia de la mezcla por mesoescala para la producción y exportación de COP en esta región oligotrófica de aguas profundas del GoM.

OCE-24

REVISIÓN DE LA DINÁMICA MESOESCALAR Y SUBMESOESCALAR DEL GOLFO DE MÉXICO A PARTIR DE DATOS IN-SITU DE GLIDERS DE ALTA RESOLUCIÓN

Pallàs Sanz Enric¹, Tenreiro Miguel², Meunier Thomas³, Ruiz Angulo Angel¹, Ulloa Marco⁴, Athié Gabriela⁵, Gentil Mathieu², Marquez Amaru⁶, Olaya Frank¹, Pérez Juan Gabriel¹ y Cisneros Sebastian⁷

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

²CICESE

³WHOI

⁴CICATA-Altamira

⁵UV

epallas@cicese.mx

En las últimas décadas, las imágenes satelitales de altimetría nos han mostrado que la dinámica del golfo de México (goM) esta dominada por la corriente de Yucatán y los remolinos de la Corriente de Lazo (RCL) que se desprenden. Desde el 2016, los gliders del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) han permitido muestrear el goM con alta resolución espacial y, más importante, obtener perfiles verticales de variables físicas y biogeoquímicas simultáneamente para el estudio de procesos multidisciplinarios. Datos de glider de GMOG obtenidos entre 2016-2022 y de anclajes CANEK entre 2009 y 2017 revelan una gran cantidad de aspectos de la dinámica mesoescalar y submesoescalar, algunos de ellos, desconocidos hasta ahora. Las climatologías de las variables físicas y biogeoquímicas describen los RCL como anomalías cálidas que alcanzan los 1000m de profundidad y aguas Nord-Atlánticas Subtropicales Subsuperficiales (NASS) salinas. Están cargados con gran cantidad de oxígeno y desplazan a una mayor profundidad el mínimo de oxígeno durante su paso. Lo opuesto sucede con los remolinos ciclónicos. Alrededor de los RCL encontramos recurrentemente filamentos superficiales de agua dulce con altas concentraciones de clorofila-a y contenido de materia orgánica disuelta sugiriendo exportación hacia el interior del goM. Los vientos del Norte son probablemente el segundo forzamiento dinámico más importante en el goM. La profundización de la capa de mezcla en invierno viene aunada al paso de estos vientos, enfriamiento de la capa superficial, y convección térmica. En las periferias de los RCL, sin embargo, son las inestabilidades simétricas y la advección diferencial por corte vertical quienes disipan trazadores, presumiblemente reduciendo el contenido de sal, calor y energía potencial de los RCL y, consecuentemente, contribuyendo a su decaimiento. La concentración de clorofila-a en la capa de mezcla incrementa durante el invierno en el centro de los RCL y en sus periferias es elevada durante todo el año. Los ciclones son, en general, más productivos asociado al abombamiento de las isopícnas. Diferentes interacciones físicas y biogeoquímicas actúan en cada región del remolino. Algunos mecanismos propuestos son fotoaclimatación y flujos turbulentos y advectivos de nutrientes. En la subsuperficie, remolinos submesoescalares ciclónicos (anticiclónicos) con contenidos bajos (altos) de oxígeno están presentes en la periferia de los RCL y entre remolinos. A pesar de que la flota de gliders de GMOG ha muestreado mayormente RCL, también se presentan observaciones de alta resolución del ciclón de la bahía de Campeche y de un remolino ciclónico frontal de la CL; sorprendentemente, ambos conteniendo un porcentaje significativo de aguas NASS. Además de la circulación ciclónica, la energía cinética inercial en la capa superficial de la bahía de Campeche es amplificada en invierno resultado de la intensificación de los vientos y por la presencia de vorticidad ciclónica en la región. A partir de una base de datos de glider in-situ y datos de anclajes históricos, se revisa nuestro conocimiento sobre diferentes procesos dinámicos del goM a diferentes escalas y se da pie a una gran cantidad de preguntas relevantes que conllevan a futuras investigaciones.

OCE-25

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LARVAS DE PECES COSTERO-NERÍTICOS EN LA BAHÍA DE CAMPECHE INFERIDOS POR MEDIO DEL MODELADO BIOFÍSICO Y MUESTREO IN SITU

Palma Galindo Ibrahim, Herzka Sharon y Pérez Brunius Paula
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
ibrahim@cicese.edu.mx

En tres cruceros oceanográficos (realizados en el verano de 2015, 2016 y 2017) durante los cuales se colectó ictioplancton con una red bongo de 500 μ m se

encontró una alta abundancia de larvas de peces costero-neríticos (familia Gobiidae) distribuidas en la región de aguas profundas de la bahía de Campeche. Los adultos habitan en zonas costeras o sobre la plataforma continental. Es importante entender el origen de estas larvas y los mecanismos de transporte costa afuera que pudiesen contribuir a su dispersión hasta la región de aguas profundas, dado que implica una baja probabilidad de reclutarse a hábitat de crianza adecuado. Mediante el uso de un modelo biofísico (HyCOM - CMS) se buscó representar las condiciones de transporte durante cada crucero con el fin de identificar su probable procedencia. Para ello, se utilizaron datos horarios de corrientes con una resolución espacial de 1/25° en la horizontal y 17 niveles en la vertical, considerando los primeros 200m en los cuales se hicieron los muestreos. Se configuró el modelo en modo backward, liberando 20 mil partículas en cada una de las cinco estaciones de mayor abundancia para cada crucero. Se siguieron las trayectorias de las partículas durante 35 días hacia atrás en el tiempo, y se registró el número de partículas que provenían de a cada una de cinco provincias costero-neríticas que fueron seleccionadas como sitios de probable procedencia (desde Veracruz hasta la plataforma oeste de Yucatán). Los resultados indican que las provincias costeras de Veracruz, Tamaulipas y Tabasco tienen la mayor probabilidad de contribución de larvas de peces costero-neríticos a la región de aguas profundas en la bahía de Campeche, mientras que las provincias de Campeche y Yucatán presentan la menor probabilidad de contribución de larvas. Los resultados se discuten en función de las corrientes superficiales y estructuras dinámicas de mesoescala presentes durante cada crucero.

OCE-26

EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA FRENTE A BAJA CALIFORNIA SUR

López Brandon¹, Beier Emilio¹ y Estrada Sheila²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

brandon@cicese.edu.mx

Mediante: observaciones hidrográficas de dos cruceros recientes frente a Baja California Sur, México; mediciones históricas in situ de World Ocean Database; observaciones remotas; y salidas del modelo numérico NEMO (reanálisis GLORYS), se estudió el Sistema de la Corriente de California (SCC) frente a Baja California Sur. El SCC se puede describir con cuatro corrientes cercanas a la superficie. Lejos de la costa la presencia permanente de la Corriente de California (CC) con vorticidad anticiclónica, que forma parte del Gran Giro del Pacífico Norte. Desde diciembre a junio, sobre la costa, surge un flujo hacia el ecuador con vorticidad ciclónica, denominado, Brazo Tropical de la Corriente de California (BTCC), el cual se intensifica durante los meses de primavera (marzo-mayo) y se encuentra muy relacionado con las Surgencias en Baja California Sur. En verano, una rama del BTCC, gira y fluye hacia el polo a lo largo de la costa de Baja California Sur. Este flujo hacia el polo suele denominarse Corriente de Davidson, o Contracorriente Superficial de California por el hecho de que fluye en dirección contraria a la CC. También se observó, atrapada a la costa una Contracorriente Subsuperficial con un flujo máximo hacia el polo a 200 m de profundidad y que disminuye significativamente hacia la superficie. El SCC frente a Baja California Sur cumple un rol fundamental en la generación de las Aguas Intermedias en la Zona de Transición Tropical-Subtropical del Pacífico Central frente a México, sin dejar de tener en cuenta que el flujo hacia el ecuador del BTCC es muy importante para la ventilación de las aguas en la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) del Pacífico Central frente a México.

OCE-27

CONTRASTE ESTACIONAL DE MASAS DE AGUA Y LARVAS DE PECES EN LA ENTRADA AL GOLFO DE CALIFORNIA

Tafolla David¹, Sánchez-Velasco Laura^{2,3}, Kurczyn Alejandro⁴ y Beier Emilio⁵

¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

³Laboratorio de Ecología del Plancton, La Paz, B.C.S.

⁴Instituto de Ingeniería, UNAM Sisal, Yucatán - Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros

⁵Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz

dlanderos@cicese.mx

Se analiza el contraste estacional de las masas de agua que convergen en la entrada del Golfo de California (Islas Mariás-Golfo de California) y su influencia en los hábitats de larvas de peces en cuatro cruceros. Durante la época fría (Febrero 2010 y Abril 2012) domina el Agua Transicional y el Agua del Golfo de California. En la época cálida (Septiembre 2016 y Octubre 2017), si bien aparece como dominante el Agua Transicional, se presenta el Agua Tropical Superficial, con disminución o ausencia de Agua del Golfo de California. Los análisis multivariados sobre las matrices de larvas de peces muestran dos grandes hábitats en cada crucero, con gradientes sureste-noroeste y cuyos límites son determinados por la confluencia de las masas de agua mencionadas. Si bien la riqueza específica es mayor en la época cálida y abundancia en la fría, en todos los casos, las larvas de Bregmaceros bathymaster dominan en el hábitat sureste, y Diogenichthys laternatus en el noroeste, aunque sus gradientes de abundancia se ajustan a las masas de agua favorables para su desarrollo larvario. Si bien la interanualidad es un fuerte componente en esta región, el contraste estacional determina la distribución de las masas de agua y su fauna asociada.

OCE-28

UN SAILDRONE OBSERVA UNA ZONA FRONTAL TERMOHALINAMENTE COMPENSADA

Gómez Valdés José¹, Vázquez Cuervo Jorge², Aparco Lara Jonathan¹ y Miranda Bojorquez Luis Erasmo¹

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

²Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology
jgomez@cicese.mx

Los frentes termohalinamente compensados son aquellos en los que los gradientes horizontales de temperatura y salinidad se compensan entre sí dejando un campo termodinámico en el que los gradientes de densidad se minimizan. En este trabajo, se reporta, por vez primera, la observación de una zona frontal con estas características por un Saildrone. En la primavera-verano de 2018 se llevó a cabo un experimento con un Saildrone, vehículo que solo navega en la superficie del mar, para investigar la variabilidad termohalina en la interfase aire-mar en una región de surgencias costeras intensas de la Corriente de California. El Saildrone partió de San Francisco el 11 de abril, navegó hasta la Isla de Guadalupe y regresó al punto de partida el 11 de junio. De los 16 instrumentos que llevaba el Saildrone, en el presente estudio hicimos uso de los datos del termosalinógrafo (miden la temperatura y salinidad del agua de mar), de los datos del anemógrafo (miden el viento) y los del sensor meteorológico (miden la temperatura y la humedad del aire). La metodología empleada consistió en: 1) calcular los gradientes de temperatura y salinidad a 1 km de distancia; 2) calcular la razón de densidad (R), la que está definida de tal forma que una $R = 1$, indica compensación de gradientes termohalinos; y 3) emplear la técnica de ondeletas para investigar las escalas de R. Encontramos una zona en la que la función de densidad de probabilidad de los coeficientes de las ondeletas de R mostraba un pico $R=1$ a una escala de 10 km. El hallazgo se dio cuando el Saildrone navegaba de regreso a su punto de partida lejos de la costa. Es importante detectar estas zonas porque en ellas el flujo de calor del océano a la atmósfera asociado a los frentes de densidad desaparece.

OCE-29

VARIABILIDAD TERMOHALINA EN LA CAPA DE MEZCLA DE LA REGIÓN CALCOFI

Pérez Corona Yuritz, Gómez Valdés José, Miranda Bojorquez Luis Erasmo y Aparco Lara Jonathan

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
yuritz@cicese.edu.mx

La relación entre los frentes horizontales de temperatura y salinidad se ha analizado con la razón de densidad (R), definida como la razón del efecto relativo de la temperatura y salinidad en la densidad en un intervalo espacial, con base en estudios de la circulación termohalina de los océanos. El objetivo general de mi trabajo de investigación de maestría es determinar la variabilidad espaciotemporal de la relación entre las fluctuaciones de temperatura y la salinidad a diferentes escalas en la capa de mezcla de la región CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations). En este trabajo, se investiga la variabilidad termohalina frente a las costas de California usando doce años de datos (2004-2016) de temperatura y salinidad superficiales, medidos por un termosalinógrafo montado en un buque, modo de observación que permite mediciones continuas de alta resolución a 6 metros de profundidad, tomados por el programa CalCOFI. Brevemente, la metodología empleada consistió en analizar la calidad de los datos, visualizar las propiedades termohalinas a lo largo de la trayectoria del buque y hacer uso de la técnica de ondeletas. Encontramos cuatro tipos de frentes: frente compensado, frente de densidad, frente salino y frente térmico. El estudio de frentes en la capa superior del océano es importante para entender mejor el intercambio de calor entre el océano y la atmósfera.

OCE-30

CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU INTERCAMBIO DE VOLUMEN CON EL OCEANO PACIFICO UTILIZANDO EL MODELO HYCOM

Acosta Solís Gonzalo¹, López Manuel¹, Candela Pérez Julio¹ y Zamudio Luis²

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

²Florida State University
acostasg@cicese.edu.mx

En el presente trabajo se analiza la circulación en el Golfo de California (GC) utilizando una simulación de un año (2011-2012) del modelo numérico global HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model). La simulación tiene una resolución de (1/12.5°) e incluye forzamiento de mareas. La circulación en toda la columna de agua del GC se ve dominada por la presencia de varios remolinos que van alternando su sentido de rotación a lo largo del golfo. Los remolinos presentan variación estacional, siendo unos más energéticos en verano y otros en otoño-invierno. En el promedio anual del transporte de volumen en la boca del golfo se distinguieron 6 capas con agua entrando por arriba de los 70 m (0.134 Sv), saliendo entre 70 y 180 m (0.212 Sv) y entrando entre 180 y 375 m (0.133 Sv). Los valores de transporte en las tres capas superficiales implican que dentro del golfo tiene que ocurrir subsidencia de la primera a la segunda capa, y surgencia de la tercera a la capa intermedia. El ciclo anual de las primeras dos capas está 180° fuera de fase con máximo transporte

entrando (saliendo) en la primera (segunda) capa en mayo-junio. El agua entra al golfo por la mitad de la boca pegada al continente y sale en una región más confinada del lado de la península. El promedio anual del transporte neto barotrópico de salida (que es casi igual al transporte de entrada) a través de la boca del golfo fue de 1.02 Sv, lo cual nos permitió calcular una cota mínima del tiempo de residencia que fue de aproximadamente 4 años.

OCE-31

ANOMALÍA DE LA SALINIDAD EN VERANO EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño-Rodríguez Juan Heberto² y Jiménez-Illescas Ángel Rafael¹

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

²Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima
mniebla@ipn.mx

Se describe la anomalía de salinidad en la bahía, con base en muestreos realizados en verano (septiembre) de siete años, con referencia al año (1993) considerado como normal con base en el Índice Oceánico de El Niño (ONI), periodo durante el cual se registró un evento de Niño muy fuerte, un evento de Niña fuerte, tres eventos de Niños débiles, efecto de un huracán categoría 2 y dos eventos normales. En 2017 (condición normal), 24 años después se aprecian anomalías negativas en toda la columna, con la mayor variabilidad en los primeros 55 m de profundidad. En 2015 (Niño muy fuerte) se calculan las mayores anomalías negativas hasta los 32 m de profundidad, con anomalías positivas entre 115 y 133 m de profundidad, con su valor máximo a los 129 m. En 2010 (Niña fuerte) con anomalías positivas hasta los 135 m de profundidad, después se hacen negativas y disminuyen gradualmente hasta los 244 m, con el valor máximo a los 11 m de profundidad. En 2006 (Niño débil y efecto de un huracán categoría 2) se registraron anomalías positivas hasta los 90 m, a continuación, las anomalías se hacen negativas. En 2009 (Niño débil) se encontraron anomalías positivas hasta los 104 m, posteriormente anomalías negativas hasta los 293 m. Para el 2018 (Niño débil) se aprecian anomalías negativas en toda la columna con el valor máximo a los 61 m de profundidad. En condiciones de un Niño muy fuerte (2015) se registró la mayor anomalía negativa en la superficie a continuación, las anomalías se incrementan hasta hacerse positivas a los 115 m, después de nueva cuenta se vuelven negativas a los 140 m y en circunstancias de una Niña fuerte se registró el mayor valor superficial con anomalías positivas hasta los 135 m, luego se hacen negativas. Es de resaltar la mayor variabilidad de las anomalías hasta los 130 m de profundidad en todos los muestreos, entre tanto los registros de 2017 y 2018 presentan estructura muy similar con anomalías negativas en toda la columna de agua. Se puede concluir que un huracán de categoría 2 no tiene una influencia significativa en las anomalías de la salinidad en la bahía. La bahía al parecer ha disminuido su salinidad, esto en relación con la anomalía negativa registrada entre septiembre de 1993 y septiembre de 2017.

OCE-32

DISPERSIÓN SUPERFICIAL DE DESCARGAS PUNTUALES COSTERAS HACIA LA ISLA DE BASURA DEL OCEANO PACIFICO NORTE

González Amador María Fernanda y Zavala Sansón Luis

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
mariafernanda@cicese.edu.mx

En este trabajo caracterizamos la dispersión superficial de trazadores hacia la isla de basura de mayor tamaño a nivel global, encontrada en el Océano Pacífico Norte (OPN). Para ello, simulamos descargas puntuales instantáneas y continuas desde seis localidades en el continente americano (Seattle, San Francisco, Los Ángeles, Los Cabos, Acapulco, Salina Cruz) y desde Hawái. Los experimentos estadísticos consisten en la iteración de matrices de transición bimestrales calculadas a partir de registros históricos de derivadores superficiales. La evolución de las descargas se cuantifica mediante elipses de dispersión, con las cuales se calcula las trayectorias de sus centros de masa y tiempos de arribo a la isla. Destacan los siguientes resultados. (i) Se encontraron las rutas preferenciales de descargas costeras en el continente hacia la isla de basura. (ii) Se cuantificaron las aportaciones relativas de los sitios de descarga y los tiempos de arribo a la isla de basura. Las mayores contribuciones y los menores tiempos de arribo correspondieron a tres localidades al norte del OPN (Seattle, San Francisco y Los Ángeles), respecto a sitios ubicados en el sur (Los Cabos, Acapulco y Salina Cruz). (iii) Se propone una nueva delimitación estadística de la posición, tamaño y orientación de la isla de basura, la cual tiene su centro de masa en (-145°, 31°), un área de 2.59 x10⁶ km² y orientación de 12° respecto al este. (iv) La dinámica y orientación de la isla de basura es influenciada por la evolución del anticiclón atmosférico del OPN, el cual promueve la deriva de Ekman y por lo tanto favorece la retención de desechos, principalmente durante el verano. Los resultados se discuten en función de los principales procesos dispersivos superficiales, como las corrientes geostroficadas, la deriva de Stokes, la deriva de Ekman y los efectos inerciales debidos a la forma y al tamaño del objeto.

OCE-33

VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA CONEXIÓN ENTRE LA CORRIENTE COSTERA DE COSTA RICA Y LA CORRIENTE COSTERA MEXICANA

Terrazas Silva Martin Alfredo¹ y Salas de León David Alberto²¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM²Unidad Académica de Ecología y Biodiversidad Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
alfiedrak@gmail.com

Se presentan los resultados de una modelación numérica en el Pacífico Tropical Oriental y de una simulación de seguimiento off-line de partículas a partir del campo de velocidad, con énfasis en la circulación frente a las costas mexicanas, y en la conexión entre la Corriente Costera de Costa Rica (CRCC) y la Corriente Occidental Mexicana (WMC), la cual hasta el momento no ha sido descrita exhaustivamente debido a las pocas observaciones que se han realizado en la región. La modelación se realizó con el HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) mediante un esquema de anidado desde una malla global del HYCOM Consortium hacia una nueva malla que comprende el Pacífico Tropical Oriental con una resolución espacial horizontal de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (9-11 km), 41 niveles verticales híbridos y salidas como promedios diarios. Las condiciones iniciales se crearon a partir de la base de datos del Polar Science Center Hydrographic Climatology (PHC 3.1), mientras que las condiciones de frontera se obtuvieron del reanálisis de HYCOM Consortium (GLBb0.08_53.X). Las condiciones de frontera fueron aplicadas en una banda de buffer de 10 puntos de grosor en todas las fronteras abiertas. La batimetría se obtuvo de GEBCO_2020, la cual tiene una resolución de 15 segundos. Los forzamientos y flujos en superficie se obtuvieron del reanálisis de NCEP en una malla con resolución aproximada de $5^\circ/16$. Para los experimentos de seguimiento de partículas se utilizó la herramienta OceanParcels, a partir de los campos de velocidad de las salidas de HYCOM. Las partículas se liberaron en el lado este del Golfo de Tehuantepec y se realizaron experimentos variando la estación del año y la profundidad de liberación. Los resultados de la modelación numérica se compararon, cualitativamente, con los campos superficiales promedio de temperatura y salinidad en todo el dominio y, cuantitativamente, con mediciones in situ de CTD realizadas en el Golfo de Tehuantepec, y se encontró que el modelo reproduce los patrones generales de temperatura y salinidad. Los promedios estacionales de la corriente superficial y subsuperficial en el Golfo de Tehuantepec muestran que la conexión principal entre la CRCC y la WMC ocurre a nivel subsuperficial durante la primavera, sin embargo, las corrientes también muestran continuidad entre ellas a nivel superficial en esta misma estación, y a nivel subsuperficial durante el otoño. Los experimentos de liberación de partículas confirmaron la conectividad entre las dos corrientes a nivel subsuperficial. A partir del análisis de la corriente superficial y subsuperficial de las salidas de HYCOM y del total de partículas que viajaron desde el Golfo de Tehuantepec y que alcanzaron su lado oeste, se estableció la variabilidad estacional de la conexión entre la CRCC y la WMC.

OCE-34

UNA APROXIMACIÓN A LA VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS MASAS DE AGUA EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC

Díaz Monsch Charlotte, Reyes Hernández Cristóbal y Ahumada Sempol Miguel Ángel

Universidad del Mar, UMAR

charlottediazmonsch@gmail.com

Las masas de agua presentes en el Golfo de Tehuantepec de la superficie a 1000 m de profundidad, durante las temporadas de sequía (Diciembre-Abril) y lluvia (Mayo-Septiembre), son analizadas mediante perfiles y diagramas TS generados a partir de lances de CTD realizados en diez campañas oceanográficas en la zona de interés entre 2004 y 2013 por la Secretaría de Marina-Armada de México (SEMAR) y la Universidad del Mar (UMAR). Los resultados preliminares muestran, en cada temporada, una columna de agua compuesta de al menos tres capas: (1) una capa superficial relativamente mezclada no mayor de 70 m; (2) una termoclina entre ~70 y ~150 m; y (3) una capa profunda a profundidades mayores de ~150 m. En general, las masas de agua que ocupan el Golfo de Tehuantepec son: agua subtropical superficial (TSW), con valores de temperatura mayores a 24°C y salinidad menor a 34 unidades; Agua subtropical subsuperficial (STUW o StSsW), caracterizada por una temperatura alrededor de 13°C y un máximo relativo de salinidad de 34.83 UPS. Esta masa de agua también es denominada agua de 13°C o 13W. Finalmente agua intermedia antártica (AAIW), con temperatura de 6°C y salinidad de 34.5 UPS. Como es de esperarse, la mayor variabilidad entre las características de temperatura y salinidad ocurren cerca de la superficie como resultado de los flujos locales de calor, evaporación, precipitación y descargas de ríos. En la temporada de lluvia, la salinidad superficial frecuentemente varía de 31.6 a 34.9 unidades, pero en la temporada de sequía la salinidad oscila entre las 33 y 35 unidades. Existe también una notable diferencia entre los valores de salinidad superficiales de la región este y oeste del golfo. Esta diferencia zonal es explicada por la variabilidad de la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) dentro del golfo. De mayo a noviembre la CCCR transporta agua superficial de baja salinidad de las costas de América Central, pero de diciembre a abril se debilita o desaparece. A pesar de encontrarse por debajo de la termoclina, la STUW muestra variabilidad estacional de la STUW, aparentemente relacionada con patrones de circulación subsuperficial inducida por los vientos tehuanos en el Golfo de Tehuantepec. Agua de 13°C se observa relativamente más

cercana a la costa durante los meses de noviembre a mayo, que durante el resto del año. No se observan cambios termohalinos notables en la AAIW.

OCE-35

DISPERSIÓN ANÓMALA EN UN REMOLINO DE OSEEN USANDO UN MODELO ESTOCÁSTICO LAGRANGIANO

Ocampo Jaimes Jesús, Graef Federico y Zavala Sansón Luis

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

ocampojj@cicese.edu.mx

En estudios previos sobre dispersión de partículas pasivas en remolinos bidimensionales teóricos hemos mostrado que la presencia de turbulencia en este tipo de estructuras causa crecimientos anómalos en las curvas de dispersión o del desplazamiento cuadrático medio. En este trabajo cuantificamos los efectos que ocasiona el decaimiento de la velocidad de un remolino de Oseen en estacionario en la dispersión de partículas, tomando como referencia a su homólogo estacionario. Para ello, usamos un modelo de advección que se compone de una parte determinista dada por la velocidad de los remolinos y una parte aleatoria que simula la difusión turbulenta. Los experimentos se dividen en tres partes: la primera es cuando la intensidad de la turbulencia no depende de la velocidad de los remolinos; en la segunda sí existe esta dependencia; en la tercera proponemos añadir una velocidad determinista radial. En el primer caso, el crecimiento anómalo de la curva de dispersión resultante del remolino no estacionario difiere de la curva asociada al remolino estacionario en un intervalo de tiempo pequeño. En el segundo, la curva de dispersión del caso no estacionario es menor a todo tiempo. En el último caso, las pendientes del régimen estándar aumentan su valor respecto a los resultados anteriores.

OCE-36

ESTUDIO DE EVENTOS TECTONICOS FRENTE A LA COSTA PACÍFICO DE GUERRERO CON DATOS DE SENSORES DE PRESIÓN DE FONDO OCEÁNICO (OBP) Y MEDICIONES MAREÓGRAFICAS

Torres Sánchez Miguel Ángel¹ y Kostoglodov Vladimir²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

miguelantosang@gmail.com

Parte de la zona de subducción frente de la Costa Chica de Guerrero es una área sísmicamente anómala, conocida como la brecha sísmica de Guerrero. Esta brecha se extiende 125 km a lo largo de la costa Pacífico desde Acapulco al noroeste. Más de 110 años (desde 1911), en este segmento de la subducción no han ocurrido ningún sismo mayor de $Mw7.0$, mientras el tiempo promedio de recurrencia de grandes sismos sobre la costa de México es 30-70 años. Es muy probable que la demora en ocurrencia de un gran sismo en la brecha, esté relacionada con la configuración y estructura de la interfaz entre las placas tectónicas de Cocos y la Norteamericana, y también con la propagación de eventos asísmicos de deslizamiento lento (SSE, slow slip events) en la zona sísmogénica de la brecha; un fenómeno tectónico frecuente pero todavía no aprendido suficiente. Los SSEs pueden anteceder a sismos fuertes. Tal como sucedió en Tohoku, Japón en el 2011 o en México, Guerrero en 2014. Desde 1998 se ha estudiado la deformación de la corteza terrestre en aquella zona con la red de GPS y se encontró que suceden los SSEs con el periodo de ocurrencia de unos 4 años y la duración promedio de 6 meses. Para estudiar la estructura y procesos geofísicos en la Brecha de Guerrero, se instaló una red anfibia que comprende sensores de presión del fondo oceánico (OBP), sismómetros del fondo oceánicos (OBS) y GPS acústico (Proyecto SATREPS México-Japón). En este estudio se usa, además, los datos de estaciones mareográficas costeras (pertenecientes al Servicio Mareográfico Nacional). Para las series de tiempo de OBP (de casi 4 años), se aplicó el análisis armónico con códigos T-Tide (MATLAB), para restarles la marea astronómica. Además, es conocido que el nivel del mar sufre el fenómeno del barómetro invertido (BI) y cambios en la temperatura. El primero se retira con la conversión de la altura de la presión (1 mbar) a nivel del mar (1 cm); en cuanto a los datos del nivel del mar obtenidos con mareógrafos, éstos fueron medidos con radar, por lo que la temperatura y presión atmosférica son eliminados por el instrumento. Se realizó un promedio horario y luego diario para eliminar los fenómenos oceanográficos menores a una hora y día como pueden ser los seiches, tsunamis, oleaje. Al eliminar los factores de la marea y algunos meteorológicos, se obtiene la señal residual, de la cual muy posiblemente se encuentre grabado el movimiento vertical del fondo oceánico y el margen continental, asociado a los sismos, SSEs y otros fenómenos tectónicos de interés. Por lo que se usan estaciones de referencia tanto para los sensores de presión (ubicados en la placa de Cocos) y la estación mareográfica de manzanillo. Primeros resultados de este trabajo revelan las señales tectónicas relacionadas con el sismo de Acapulco $Mw7.0$, sept.7, 2021 y probablemente con el último SSE en la brecha.

OCE-37

INNOVACIONES EN EL CÁLCULO DE LAS PROFUNDIDADES DE LA CAPA DE MEZCLA Y DE LA TERMOCLINA: UNA VISIÓN GLOBAL

Romero Emmanuel¹, Tenorio Fernández Leonardo², Portela Esther³, Sánchez-Velasco Laura⁴ y Montes-Aréchiga Jorge⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

²CONACYT - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

³Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Hobart 7001, Australia; Univ. Brest, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, CNRS, IRD, Ifremer, Plouzané, France

⁴Universidad de Guadalajara, Departamento de Física

romeroqe.93@gmail.com

De acuerdo con la estructura térmica típica del océano, la columna de agua se puede dividir en tres capas: la capa de mezcla, la termoclina y la capa profunda. En este estudio, se propone una nueva metodología, basada en el ajuste de una función sigmoide sobre el perfil de temperatura. El método propuesto permite localizar la profundidad mínima de la termoclina, también conocida como profundidad de la capa de mezcla (PCM), y la profundidad máxima de la termoclina (PMT), para así poder calcular su espesor. Se valida la metodología propuesta comparando la PCM obtenida, con la calculada con dos metodologías muy utilizadas en la actualidad. También, se realizaron comparaciones entre los resultados de la PMT de la metodología propuesta y el método de Isoterma Representativa Variable (IRV). Debido a que se encontró una alta correlación entre los tres métodos que calculan la PCM y que se obtuvieron mejores resultados que IRV, se utilizó la función de ajuste propuesta en esta investigación, para calcular las climatologías mensuales de la profundidad de la capa de mezcla, la profundidad máxima de la termoclina y el espesor de la termoclina, en todo el océano. Además, se proporciona una evaluación de las regiones del océano donde el ajuste propuesto es válido y dónde no. Dicha evaluación permite identificar las regiones donde la estructura térmica del océano no sigue la estructura de tres capas, debido a los procesos dinámicos que la alteran y a la mayor contribución de la salinidad a la densidad y la estratificación de la columna de agua. Esta evaluación destaca las limitaciones de los métodos existentes para determinar con precisión la profundidad de la capa de mezcla y la termoclina en regiones oceánicas particularmente turbulentas como el Océano Austral y la región subpolar del Atlántico Norte, entre otras. El método propuesto, ha demostrado ser robusto y fácil de aplicar, pudiendo ser utilizado tanto en estudios locales como globales, facilitando el estudio de la estratificación de la columna de agua del océano debido a los cambios de su estructura térmica, a través del tiempo y el espacio.

OCE-38

SEACLEARLY CON PARTICLEVIZ: SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO PARA LA VISUALIZACIÓN EFICIENTE DE MODELOS LAGRANGIANOS EN LA WEB

Zavala Romero Olmo¹, Miron Philippe¹, Chassignet Eric¹, Xu Xiaobiao¹, Jongedijk Cleo², Pierard Claudio³, Manral Darshika³, Lobelle Delphine³, Gómez Navarro Laura⁴ y Kaandorp Mikael⁴

¹Universidad del Estado de Florida

²Imperial College London

³Utrecht University

osz09@fsu.edu

ParticleViz es un programa de código abierto que construye aplicaciones web interactivas en las que miles de partículas son animadas a través del tiempo de manera eficiente. ParticleViz está diseñado para visualizar salidas de modelos lagrangianos, comúnmente utilizados en las Ciencias de la Tierra para investigar la dispersión de contaminantes en el océano y la atmósfera, para identificar conexiones espaciales de alguna variable de interés o para distinguir zonas de alta confluencia dentro de un campo vectorial, entre otras. ParticleViz está desarrollado en los lenguajes de programación de JavaScript y Python y cuenta con dos módulos centrales. El primer módulo realiza un preprocesamiento de las salidas de los modelos lagrangianos para agilizar la transferencia asincrónica de datos a través de internet, así como para optimizar la cantidad de partículas a visualizar en dispositivos móviles. El segundo módulo genera las aplicaciones web que pueden animar decenas de miles de partículas hasta 24 cuadros por segundo, con mapas dinámicos, controles de animación y estilos personalizados. Estas aplicaciones web se construyen de manera automática, sin la necesidad de programar una interfaz web particular y con la posibilidad de configurar la interfaz a partir de archivos de texto. ParticleViz es una herramienta que ayuda a los científicos a analizar las salidas de sus modelos lagrangianos y proporciona un mecanismo sólido para compartir sus resultados con la comunidad a través de la web. Como caso de estudio se presenta la aplicación web SeaClearly, la cual es una herramienta prototipo para identificar zonas de riesgo por acumulación de plásticos en el océano con posibilidad de impactar en granjas acuícolas localizadas en el Mediterráneo. SeaClearly identifica las trayectorias por las que el plástico llega a las granjas acuícolas desde las costas del Mediterráneo y provee a tomadores de decisiones y personas interesadas un panorama de las granjas que pudieran verse más afectadas y de las zonas con menos contaminación donde pudieran crearse nuevas granjas. ParticleViz está desarrollado como código libre y la documentación se encuentra disponible en <https://olmozavala.github.io/particleviz/>. La herramienta SeaClearly esta disponible en <http://seaclearly.io>.

OCE-39

EFFECTOS DE EKMAN NO LINEALES EN REMOLINOS CICLÓNICOS Y ANTICLÓNICOS

Zavala Sansón Luis

CICESE

lzavala@cicese.mx

La transferencia de momento entre la atmósfera y la capa de mezcla del océano depende de la dinámica de la capa de Ekman en la superficie. La interacción se lleva a cabo a través del bombeo de Ekman, el cual a su vez depende de dos mecanismos principales: (i) el rotacional del esfuerzo del viento, y (ii) los gradientes de vorticidad en la circulación oceánica. El esfuerzo sobre la superficie libre se suele parametrizar como una función cuadrática de la velocidad relativa entre el viento y la corriente. En condiciones de viento uniforme, el bombeo de Ekman asociado con la corriente oceánica genera velocidades verticales que pueden inducir el decaimiento o el reforzamiento de remolinos de mesoescala y transportar trazadores físicos y biogeoquímicos en el centro o la periferia. En este estudio se analiza por separado los efectos no lineales del bombeo de Ekman en ciclones y anticiclones. Mediante modelos analíticos simples, se demuestra que los anticiclones decaen más rápido que los ciclones cuando solo se considera el rotacional del viento. Cuando solo se toma en cuenta el bombeo asociado con los gradientes de vorticidad, el transporte horizontal de Ekman genera la advección del flujo geostrofico, lo que se traduce en un desplazamiento del remolino a la derecha del viento (en el hemisferio norte). En la charla se discute la acción conjunta de ambos mecanismos y algunas posibles consecuencias sobre la estabilidad de los remolinos, así como las propiedades de transporte vertical.

OCE-40

SOBRE LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTA ASOCIADA CON OLAS QUE AUN NO ROMPEN

Hernández Olivares Aldo Omar¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²

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

²CeMIE-Océano A.C.

aldoolivares@hotmail.com

La disipación de energía cinética turbulenta es una magnitud esencial en el estudio de la turbulencia en fluidos. Particularmente, en la transferencia de energía desde grandes a pequeñas escalas, y en la determinación de su cantidad, balance y estacionalidad. Existen diversas ideas sobre los mecanismos que generan, afectan o contribuyen con la disipación de energía cinética turbulenta en la capa superior del océano (e.g. viento, edad de la ola, rompimiento del oleaje). En lo que respecta estrictamente al movimiento de olas que aún no rompen, hay poca evidencia de que pueden producir turbulencia en un fluido y todavía más, se desconoce el comportamiento de su Tasa de Disipación de Energía Cinética Turbulenta (TDECT) en función de la profundidad, y si tiene relación con alguna de las características de las olas. Así, diferentes grupos de olas monocromáticas sobre aguas profundas se generaron mecánicamente en un laboratorio, donde mediante un dispositivo acústico (Vectrino Profiler, Nortek), se midieron y perfilaron las componentes de las velocidades orbitales asociadas con olas sin rompimiento. A partir del sub-rango inercial identificado en los espectros de potencia de las componentes turbulentas horizontal y vertical de las velocidades, se cuantificó la TDECT. Se encontró que la magnitud de la TDECT aumenta conforme mayor pendiente en las olas (sobre diversas profundidades), que es invariante ante rotaciones a mayor profundidad y que su comportamiento en profundidad no corresponde con el de una capa logarítmica típica, lo que implica la improcedencia de la Ley de la pared en la reproducción de sus valores. Adicionalmente, se introdujo un término de producción de turbulencia relativo a las velocidades orbitales de las olas, el cual reproduce adecuadamente los valores de la TDECT a diferencia de otros términos o aproximaciones, con lo que se establece que el corte vertical de las velocidades orbitales es el mecanismo generador de turbulencia en un fluido bajo la influencia del movimiento de olas que aún no rompen.

OCE-41

UNA EXPLICACIÓN ALTERNATIVA DEL ENFRIAMIENTO PERSISTENTE EN EL GIRO SUB-POLAR DEL OCEANO ATLÁNTICO NORTE

Martínez López Benjamín

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

benmar@atmosfera.unam.mx

El aumento de la temperatura de la superficie del mar como resultado del calentamiento inducido por los gases de efecto invernadero está lejos de ser completamente entendido. En latitudes altas, el calentamiento extremo ocurrido ha incrementado la tasa de derretimiento tanto de los glaciares como del hielo marino, aumentando así las entradas de agua dulce en el giro sub-polar del Océano Atlántico. Notablemente, esta región presenta un enfriamiento persistente que contrasta marcadamente con las tendencias generales de calentamiento en el océano global. Dicho enfriamiento se ha asociado con un debilitamiento de la Circulación Meridional de Vuelco del Atlántico (AMOC), parcialmente inducido por un

aumento de la entrada de agua dulce de Groenlandia. Para ahondar en esta relación, primero empleamos técnicas no lineales e identificamos una relación inversa, en el largo plazo, entre un aumento sostenido de la entrada de agua dulce y el enfriamiento observado. Posteriormente, simulamos la evolución de esta entrada sostenida de agua dulce en la superficie utilizando corrientes geostroficadas y un modelo sencillo de dispersión. Los resultados muestran que el transporte del exceso de agua dulce en el giro sub-polar reduce la salinidad de la superficie del mar en esa región, aumentando la estabilidad de la columna de agua. Por lo tanto, las aguas superficiales requieren un mayor enfriamiento para alcanzar los valores de densidad donde puede ocurrir mezcla vertical bajo condiciones atmosféricas similares. En el largo plazo, la entrada sostenida de agua dulce produce anomalías negativas tanto de la temperatura superficial del mar como de su salinidad. Esta explicación simple del enfriamiento es completamente independiente de la variabilidad a largo plazo de la AMOC y es consistente con los datos históricos y las observaciones actuales de temperatura y salinidad.

OCE-42

SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA TURBULENCIA ASOCIADA CON OLAS QUE AÚN NO ROMPEN

Hernández Olivares Aldo Omar¹ y Ocampo Torres Francisco Javier²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CeMIE-Océano A.C.

aldoolivares@hotmail.com

La turbulencia y la mezcla en la capa superior del océano son procesos clave en las interacciones océano-atmósfera, tales como la transferencia de energía, calor, momento y masa (incluyendo gases, como el CO₂). Algunos de los principales mecanismos generadores de turbulencia en la capa superior del océano, corresponden al corte vertical de las corrientes superficiales, al rompimiento del oleaje y a la interacción del oleaje con otros mecanismos e.g. circulación de Langmuir. En las últimas dos décadas, se ha retomado la idea de que el movimiento orbital de Olas que Aún No Rompen (OANR) no es irrotacional, por lo que pueden generar turbulencia. Sin embargo, es poca la evidencia sobre turbulencia en un fluido bajo el movimiento de OANR, siendo la detección intermitente del sub-rango inercial en el espectro de sus velocidades (turbulencia isotrópica), la evidencia más significativa hasta ahora. También, se sabe poco sobre las particularidades de dicha turbulencia y su relación con las características de las olas. Diversos grupos de olas monocrómicas sobre aguas profundas con diferente pendiente se generaron mecánicamente en laboratorio, donde mediante un dispositivo acústico (Vectrino Profiler, Nortek), se midieron y perfilaron las componentes de las velocidades asociadas a OANR. En los espectros de potencia en función de la frecuencia de las componentes de velocidad, se identificó el sub-rango inercial, independientemente de la pendiente del oleaje sobre diversas profundidades, y para una amplia gama de valores de un número de Reynolds para olas. Se determinó la intensidad de las componentes turbulentas de la velocidad, encontrando que la intensidad de la turbulencia sobre distintas profundidades, aumenta conforme mayor pendiente en las olas. Una relación entre las macro-escalas y micro-escalas inferidas, constata la presencia de turbulencia y evidencia un balance entre su producción y disipación sobre la columna de agua. Adicionalmente, una parametrización de la tasa de disipación de energía cinética turbulenta con base en las características de las olas (e.g. pendiente, amplitud, frecuencia), reproduce adecuadamente los valores de la tasa de disipación de energía cinética turbulenta estimada a partir del sub-rango inercial en los espectros.

OCE-43

VARIABILIDAD DE ALTA FRECUENCIA Y DE ESCALA PEQUEÑA DEL FLUJO VERTICAL DE CALOR EN UN FRENTE SUBMESOESCALAR: ENFRIAMIENTO SUPERFICIAL

Aparco Lara Jonathan¹, Torres Héctor S.² y Gómez-Valdés José¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology

aparco@cicese.edu.mx

Simulaciones globales de alta resolución recientes muestran que el flujo vertical de calor (FVC) inducido por movimientos de submesoescala, con escalas inferiores a 30 km y frecuencias superiores a un 1/día, es de 5 a 10 veces mayor que el FVC inducido por la mesoescala, haciendo que sea clave en la comprensión del clima de la tierra. Este hallazgo nos ha llevado a revisar el impacto potencial de los forzamientos atmosféricos en la estimación del FVC en el régimen submesoescalar. En este trabajo se realizan simulaciones numéricas idealizadas con el MITgcm con suficiente resolución espacial para resolver inestabilidades en la capa de mezcla para analizar el FVC inducido por la actividad frontal submesoescalar. El proceso abordado en este estudio es el enfriamiento superficial debido a un flujo de calor superficial neto negativo. Esta simulación es comparada con una simulación numérica similar, pero sin forzamiento. El objetivo particular es analizar la respuesta de la variabilidad de alta frecuencia (menor a un 1/día) y de pequeña escala (menor a 30 km) del FVC producido por inestabilidades moduladas por el enfriamiento superficial. El co-espectro del FVC en la simulación forzada revela una mayor amplitud de flujos ascendentes, alcanzando frecuencias más altas y escalas más

pequeñas, que en la simulación no forzada. Estos movimientos de escala fina se generan a través de la combinación de inestabilidades simétricas y gravitatorias en la capa de mezcla. Las frecuencias más altas del FVC en la simulación forzada sugieren que el enfriamiento superficial impacta indirectamente en el FVC: 1) desencadenan la generación de movimientos de submesoescala a frecuencias superiores a un 1/día; 2) se intensifican los movimientos de submesoescala, por lo tanto, el FVC se amplifica a través de las escalas. Los resultados de este estudio arrojan luz sobre la interpretación del FVC de submesoescala entre el interior del océano y la atmósfera a frecuencias superiores a un 1/día.

OCE-44

REVISITING THE STABILITY OF SMALL AMPLITUDE ROSSBY WAVES IN A CHANNEL

Graef Federico

CICESE

fgraef@cicese.mx

Forty-five years ago, Plumb (1977) studied the stability of Rossby waves (RWs) in a zonal channel via first order (in the beta-Rossby number) resonant interactions and weaker side-band interactions. Plumb concluded that all waves with non-zero longitudinal wavenumber are unstable. In this work, for the resonant interactions, I derive a single quartic equation from the resonance conditions in terms of the wavenumber along the channel of one of the modes, whose solutions (roots) are easily obtained. The waves could be barotropic or baroclinic, generalizing the work of Plumb (1977). Only in a zonal channel, if the interaction between any two RWs from different modes excites a single RW, then the interaction between the other two RWs of those modes automatically excites another RW, and both excited RWs form a third Rossby mode. This is not the case in the non-zonal channel. In a non-zonal channel, we could have resonance, but the waves could be stable. The resonant solution at first order is bounded, and a coastal mode is excited, needed to satisfy the boundary conditions of no normal flow at the channel coasts. Finally, I show why in Graef & García (2021), we could not find a resonant solution in a non-zonal channel if we excited a third mode. REFERENCES: Graef, F. and García, R. F. 2021 Resonant interactions between Rossby modes in a straight coast and a channel. *J. Fluid Mech.* 918 (A34), 1–38. Plumb, R. A. 1977 The stability of small amplitude Rossby waves in a channel. *J. Fluid Mech.* 80 (4), 705–720.

OCE-45

ANÁLISIS DEL ERROR EN LA MEDICIÓN DE CORRIENTES SUPERFICIALES POR LA PRESENCIA DEL OLEAJE

Herrera Vázquez Carlos Francisco¹, Rasclé Nicolas², Osuna CañedoJosé Pedro¹, Ocampo Torres Francisco Javier² y García Nava Héctor¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, CNRS, Ifremer, IRD³CeMIE-Océano A.C.⁴Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

cherrera@cicese.edu.mx

El error en la medición de las corrientes superficiales por la presencia del oleaje, surge al considerar las mediciones promedio realizadas con un corrientímetro montado en una boya cuyo rango de movimiento depende de las características del oleaje. Dependiendo del rango de movimiento de una boya, el error será proporcional al perfil de deriva de Stokes cuando se consideran las velocidades orbitales del oleaje, mientras que si consideráramos otro tipo de perfil de corrientes, el error dependerá de la curvatura que presente el perfil. En este trabajo se estudia el error que se produce cuando se miden corrientes superficiales con una boya cuyo movimiento horizontal y vertical responde a la presencia de oleaje. Para esto, se realizó un análisis teórico, donde se estudia la corriente promedio asociada a una onda monocrómica. Para dicha corriente, se consideró la presencia de velocidades orbitales del oleaje y otro perfil de corrientes, que fueron medidos por boyas con diferentes rangos de movimiento. Adicionalmente se generó un modelo numérico a partir de un modelo de fase aleatoria y una versión modificada del modelo de corrientes propuesto por Donelan et al. (1992), con el cual se generan velocidades orbitales del oleaje. El modelo incorpora la presencia de un perfil de corriente promedio (corriente de Ekman), y posteriormente se analiza la medición que se obtendría considerando diferentes rangos de movimiento que puede presentar una boya como respuesta a la presencia del oleaje. Los resultados indican que la magnitud del error dependerá principalmente de las características del desarrollo del oleaje, así como de la magnitud del viento que genera el oleaje y la corriente de Ekman. Esto se debe a que las diferencias más significativas se producen en entre los valles y las crestas de las olas, de modo que para la misma edad del oleaje, un viento mayor produce una mayor altura significativa, y el error será más importante a mayor profundidad.

OCE-46

DISPERSIÓN LAGRANGINA EN LA CIRCULACIÓN DE UN FLUJO DE AGUAS SOMERAS EN UNA CUENCA CERRADA

Durán Colmenares Azucena y Zavala Sansón Luis

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
aduran@cicese.edu.mx

Estudiamos numéricamente la circulación oceánica a gran escala en una cuenca cerrada con fondo plano y con topografía idealizada en el plano $\#$. Ambos problemas consideran un forzamiento aleatorio de evolución lenta, disipación en el fondo y condiciones de frontera libre de esfuerzos. Cuando el fondo es plano el flujo muestra características típicas de la turbulencia zonostrofica: bandas de circulación alternas este-oeste debido al efecto $\#$. Este efecto propicia anisotropía con una preferencia zonal. Sin embargo, cuando consideramos una topografía idealizada (una cuenca poco profunda cerca de las fronteras y de profundidad máxima en el centro), observamos características de la circulación oceánica como la aparición e intensificación de corrientes costeras. En este segundo problema el flujo promedio tiene dos comportamientos. El primero es que cerca de las fronteras el flujo es en sentido horario. El segundo es que al interior de las fronteras prevalece un flujo antihorario e intensificado hacia el sur. El flujo interior se organiza en contornos cerrados de f/h , donde f es el parámetro de Coriolis y h es la profundidad. La dispersión de partículas pasivas se evalúa por medio de estadísticas lagrangianas por componentes: Dispersión relativa, elipses de dispersión y exponentes de Lyapunov de escala finita. Los resultados estadísticos con partículas revelan que con topografía de fondo la anisotropía se modifica debido al efecto topográfico.

OCE-47 CARTEL

APPLICATION OF SURFACE QUASI-GEOSTROPHIC APPROXIMATION BASED OCEANIC VELOCIMETRY IN A GEOPHYSICS FLUID LABORATORY

De la Torre Martínez Cristian Daniel¹, Cruz Gómez Raúl Candelario¹ y Isern Fontanet Jordi²¹Universidad de Guadaluajara, UdeG²Instituto de Ciencias del Mar, CSIC

c.daniel.dtm@gmail.com

A new method to estimate the velocity field in a rotating tank has been assessed using independent measurements of velocities. The method, which is based on the Surface Quasi-Geostrophic (SQG) equations, is able to estimate the velocity field from a single snapshot of the density field. To test the method, two experiments have been set up representing the propagation of an anticyclonic lens and a coastal current. For each experiment, density has been obtained using the Planar Laser-Induced Fluorescence (PILF) method and, then, the velocity field has been reconstructed from it using the SQG approach. The resulting velocities have been then compared to independent measurements obtained using the Particle Image Velocimetry (PIV) method. The correlation between SQG-derived and PIV-derived velocities is higher than 0.85. The main limitation of the proposed method concerns the difficulty of the SQG-based method to provide the magnitude of the velocity field.

OCE-48 CARTEL

MODELACIÓN FÍSICO-BIOGEOQUÍMICA DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS: ESCENARIOS DE APORTE Y LIMITACIÓN DE HIERRO

Dominguez-Sevilla Jordán y Rivas David

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jldominguez@cicese.edu.mx

La modelación de los ecosistemas marinos es una herramienta que sirve para entender y describir los procesos físicos y biogeoquímicos, con el fin de responder las preguntas de investigación sobre la dinámica de los ecosistemas. En este trabajo se implementa un modelo numérico oceánico físico-biogeoquímico, el cual consta del acoplamiento de un modelo hidrostático de circulación oceánica y de un modelo biológico de nutrientes-fitoplancton-zooplancton-detrito (NPZD) con limitación de hierro, para la Bahía de Todos Santos (BTS). En un trabajo previo se observaron diferencias importantes entre las simulaciones numéricas y los datos satelitales de clorofila: picos más pronunciados de biomasa fitoplanctónica en las series de tiempo del modelo o incluso anomalías de signo opuesto durante ciertos periodos. Por esta razón en este trabajo se implementa una metodología más compleja para explicar mejor los procesos fitoplanctónicos en la BTS. Investigaciones previas mencionan la limitación de hierro a lo largo del centro y sur del Sistema de la corriente de California, donde la biodisponibilidad de hierro disuelto influye en la productividad, composición de las especies y estructura trófica de las comunidades; además, este micronutriente tiene un impacto en la evolución de las especies. Con base en esta idea, se proponen diferentes escenarios de aportes y limitación de hierro en la BTS, asociados a diferentes factores como son la surgencia costera, el aporte de la corriente de California y los Vientos de Santa Ana. Para evaluar la veracidad de las simulaciones se realiza una comparación con datos in situ, datos satelitales y trabajos previos. Además se incluye un análisis de los datos modelados: evaluando los transportes de nutrientes, series de tiempo y las relaciones de nutrientes. Las simulaciones sugieren que los aportes de hierro más relevantes son por la surgencia costera y los vientos de Santa Ana, mientras que el aporte de hierro proveniente de

la corriente de California, no es tan importante en comparación con otros aportes en la Bahía. En el periodo analizado (primera mitad del año 2011) se presentaron cuatro periodos de limitación de hierro dentro de la BTS, con una fuerte limitación de hierro en verano, en presencia de surgencia costera. Los resultados de este estudio sugieren que existen diferentes periodos de limitación de hierro en la BTS, dependiendo de la presencia e intensidad de los aportes de nutrientes, pero se necesita un análisis de la variabilidad a largo plazo para poder comprobar estos resultados y entender mejor los procesos biogeoquímicos.

OCE-49 CARTEL

EL EFECTO DE LA ESCALAS DE CIRCULACIÓN EN LA ACTIVIDAD FRONTAL EN LA CONVERGENCIA TROPICAL SUBTROPICAL DEL PACÍFICO FRENTE A MÉXICO

Ruvalcaba Aroche Erick Daniel¹, Beier Emilio¹ y Sánchez Velasco Laura²¹CICESE - Unidad La Paz²CICIMAR

ruvalcaba.erick@uabc.edu.mx

La convergencia tropical subtropical de Pacífico frente a México es una zona de transición de masas de agua de origen subártico, transportadas por el Brazo tropical de la Corriente de California, y aguas de origen tropical, transportadas por la Corriente Costera Mexicana. Esta zona de transición genera actividad de frentes de mesoescala, los cuales pueden ser detectados por sensores remotos. Mediante el uso de imágenes diarias de temperatura superficial del mar del sensor MODIS-Aqua se detectaron frentes térmicos en la región de estudio, en el periodo de 2003 hasta 2021. El promedio climatológico mostró que la mayor actividad frontal al sur de los 24°N se presenta en la primavera, asociada a la intensificación del Brazo Tropical de la Corriente de California. En el verano el núcleo de la actividad frontal se desplaza al norte, sobre la costa entre los 28 y 26°N. La variabilidad estacional explicó entre el 20 y 40% de la varianza de la actividad frontal al sur de Cabo San Lucas, mientras que la varianza explicada fue menor en la costa y cercana a cero en el océano abierto. Los eventos de El Niño y La Niña presentaron correlación negativa con la actividad de los frentes térmicos, con la mayor cantidad de varianza explicada por dichos fenómenos (~20%) al suroeste de Cabo San Lucas y en la costa de Sinaloa. La clorofila presentó correlación positiva con la actividad frontal en la extensión sur del brazo tropical de la Corriente de California, al sur de Cabo San Lucas. El análisis mostró que estas estructuras de mesoescala presentan una frontogénesis distinta en las regiones de la costa peninsular y continental, principalmente debido a la surgencia costera, mientras que en la región Oceánica al sur de Cabo San Lucas la formación de frentes se debe a la interacción de el Brazo Tropical de la Corriente de California con la saguas transicionales propias de la región.

OCE-50 CARTEL

IMPACTO DE LA SUBMESOESCALA EN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN REMOLINOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Chacón Anguiano Karla Gabriela y Estrada Allis Sheila Natali

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
kgchacon@cicese.edu.mx

En el océano existen extensas regiones con niveles muy bajos de nutrientes, conocidas como regiones oligotróficas. El Golfo de México (GoM) es un claro ejemplo de este tipo de regiones. Investigaciones en la última década han mostrado que la tasa de crecimiento de la biomasa en el GoM depende en gran medida de los remolinos desprendidos de la corriente de lazo. Sin embargo, aún existe cierta incertidumbre respecto a la contribución relativa a la biogeoquímica de los remolinos de mesoescala que contienen procesos de pequeñas escalas del orden de días y cientos de metros con altos números de Rossby $Ro(1)$, denominada submesoescala. En este trabajo se evalúa el impacto de la submesoescala en la concentración y distribución de nutrientes nitrogenados, productividad primaria y clorofila; todos ellos evaluados dentro de un remolino anticiclónico liberado por la corriente de lazo. El objetivo se lleva a cabo a través de la configuración de un modelo hidrodinámico (ROMS) acoplado a un modelo biogeoquímico (Fennel). Con el fin de cuantificar la importancia relativa de resoluciones meso- y submesoescalares, se comparan un mismo remolino en dos experimentos numéricos con baja y alta resolución. Los resultados más relevantes presentan un significativo incremento de la productividad primaria integrada dentro del remolino anticiclónico durante el período invernal, debido al aumento de la velocidad vertical en el experimento de alta resolución. En contraste, durante los meses de verano, las concentraciones de nutrientes y profundidades de la capa de mezcla fueron comparables entre ambos experimentos. Debido a que no solo la concentración es importante sino como se distribuye espacialmente, también se halló que la distribución de nutrientes en la capa superficial del remolino coincide con celdas de hundimiento y surgencia debidas a la submesoescala.

OCE-51 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PRONÓSTICO DEL MODELO ROMS-4DVAR Y SU COMPARACIÓN CON EL MÉTODO DE ALIMENTACIÓN POR DOWNSCALING EN EL GOLFO DE MÉXICO

Mitre Apaez Andrea¹, Estrada Allis Sheila Natali¹, Sheinbaum Pardo Julio¹, Guerrero Moreno Lorena¹, Moore Andrew² y Acevedo Souza Joao³

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

²University of California Santa Cruz, UCSC

³MetOcean, New Zealand

mitre@cicese.edu.mx

Dentro del marco del proyecto ampliación CIGOM y derivado de la creciente necesidad de conocer las condiciones oceánicas en el Golfo de México (GoM), zona con alta importancia comercial y susceptible a desastres tanto humanos como naturales, se implementó la región exitosamente el sistema de modelo oceánico regional (ROMS por sus siglas en inglés) con el sistema de asimilación de datos 4D-VAR. Una vez logrado este objetivo, se buscó optimizar su uso a partir de un sistema que realice asimilación y predicción de manera automatizada. El sistema comienza con descarga continua de datos de diferentes altímetros satelitales, mapas de temperatura superficial y perfiles hidrodinámicos de temperatura y salinidad. Se verifica que existan tres días de datos disponibles que se utilizan como ventana de asimilación. Los datos son procesados e interpolados a una malla común de aproximadamente 4 km para ser asimilados por el sistema 4D-VAR. Se toma en cuenta la posibilidad de tener más de una observación cerca de un punto de malla, por lo que mediante cálculos estadísticos se ajustan para que este punto tenga un valor representativo. Además de la asimilación de datos, existe otro método conocido como downscaling (reducción de escala) en el cual se alimenta el modelo regional con un modelo global. Método que es más eficiente en cuestión de tiempo y poder computacional. Por lo que, se busca comparar los resultados del modelo ROMS alimentado con asimilación de datos observados con los resultados de la alimentación por downscaling a partir del modelo global MERCATOR. En ambos casos se pone en marcha el modelo ROMS y se procede a generar pronósticos para 14 días consecutivos con asimilación y 9 días con downscaling. A partir de los resultados de ambos experimentos se les calculará la persistencia y se determinará cuál recurso es más similar a la realidad en la zona del GoM.

OCE-52 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LAS ONDAS DE CALOR OCEÁNICO EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Torres Alamilla Mariana¹, Zavala Hidalgo Jorge² y Sánchez Ramirez Marina¹

¹IPN

²ICAYCC - UNAM

imtorres.alamilla@gmail.com

El Sistema Arrecifal Veracruzano es un Área Natural Protegida (PNSAV) que se ubica en la plataforma continental de Veracruz, en el suroeste del Golfo de México. Lo conforman dos conglomerados de estructuras arrecifales: uno al Norte, frente al Nuevo Puerto de Veracruz, y el otro al sur, frente al poblado de Antón Lizardo. El PNSAV está delimitado al norte por el río La Antigua, al sur por el río Papaloapan y en medio por el río Jamapa. Este sistema arrecifal es distinto a los otros sistemas arrecifales tropicales en el mundo al ser uno de los más complejos y perturbados antrópicamente. Se ubica en una zona de fenómenos oceanográficos estacionales (surgencias, subsidencia, mezcla, flujos de calor, Nortes, y transporte de Ekman), constante flujo de agua con terrígenos y contaminantes, y aumento en la temperatura de nivel del mar que no favorecen el desarrollo coralino. La variabilidad de la temperatura oceánica es un componente fundamental del sistema climático de la Tierra. Eventos anómalos extremos como las ondas de calor marinas (MHWs) perturban los ecosistemas arrecifales y su capacidad de resiliencia, en ocasiones de manera irreversible. Caracterizar las ondas de calor marinas y sus causas en el Sistema Arrecifal Veracruzano puede dar información cuantitativa para construir estrategias de mitigación, preservación y restauración en el SAV. El objetivo de este estudio es caracterizar las ondas de calor marinas en el SAV mediante el análisis y procesamiento de 8 años consecutivos de datos de temperatura obtenidos de 15 distintas estaciones termisoras distribuidas en el SAV.

OCE-53 CARTEL

UTILIZACIÓN DEL MODELO OPENDRIFT PARA LA PREDICCIÓN DEL SARGAZO

García Lucero Angeles Berenisse, Sheinbaum Julio, Verdugo Ortega Homar y Cerda Chacon Juan Carlos

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

abgarcia@cicese.edu.mx

Las afloraciones masivas de sargassum en el Atlántico tropical que se han extendido por el Atlántico tropical occidental, el mar Caribe y el golfo de México, han causado alteraciones significativas a las comunidades costeras de toda la región, impactando negativamente en la salud humana, el turismo, la pesca, la navegación, y a los ecosistemas presentes. Por lo que se presenta en este trabajo el uso del modelo Opendrift (Dagestad, et al 2018) para estimar y predecir la

futura incidencia de sargassum, para ello el modelo es alimentado con salida de pronósticos de corrientes como HYCOM (Navy Global Hybrid Coordinate Ocean Model), NCOM-Amseas (Global Navy Coastal Ocean Model American Seas) y para los vientos se usa el modelo Global Forecasting System(GFS) y finalmente se usan datos satelitales (AFAI) para estimar la cantidad de sargassum.

OCE-54 CARTEL

TIPOS DE ONDAS DE KELVIN

Antonio Pérez Manuel Salud y Velasco Fuentes Oscar

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

manuels@cicese.edu.mx

Hay una gran variedad de ondas de Kelvin, y han sido ampliamente estudiadas para entender distintos flujos tales como las estelas de los aviones, torbellino de arena y la dinámica de estrellas de neutrones, entre otros. En este trabajo se presentarán distintos tipos de ondas de Kelvin, desde el punto de vista de vórtices de Rankine (VR), y se mostrará los diferentes casos, como el deformar las fronteras laterales del VR que produce el vórtice de Kirchoff (modo 2) así como los modos subsecuentes, así como el deformar el VR, que al producir la forma helicoidal genera ondas de Kelvin, y por últimos las ondas de Kelvin oceanográficas (deformaciones superficiales).

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizador

Blanca Estela Buitrón Sánchez

PALEO-1 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE CRINOZOA (ECHINODERMATA: EOGRINOIDEA, CRINOIDEA) DEL PALEOZOICO DE MEXICO

Buitrón Sánchez Blanca Estela¹, Cuen Romero Francisco
Javier², Monreal Rogelio³ y Cuadros Mendoza Iván Manuel¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad de Sonora, UNISON

blancab@unam.mx

Los afloramientos sedimentarios del Paleozoico de México con fósiles de equinodermos se localizan al norte, centro y sur del país, principalmente en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas, Coahuila, Hidalgo, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Estas rocas carbonatadas marinas fueron depositadas en ambientes cálidos poco profundos, con una edad aproximada de 541 a 251 Ma. Particularmente fueron identificadas placas aisladas y desarticuladas de eocrinoideos cámbricos de la especie *Ubaghsicystis* sp. que proceden de la Formación El Gavilán (Miaolingiano-Wuliuano) del Cerro El Sahuaral y *Gogia granulosa* Robison, 1965 del Cerro Chihuarruita (Serie 2-Serie3) en la región de San José de Gracia, ubicada en la parte central de Sonora. La secuencia sedimentaria de lutita intercalada con caliza que contienen fósiles de esponjas, hiolítidos, trilobites y eocrinoideos, indican que esta fauna se desarrolló en un ambiente de plataforma exterior. Los crinoideos del Carbonífero y Pérmico procedentes de diferentes afloramientos sedimentarios de México consistieron en numerosas placas articulares y fragmentos de la columna, fueron identificados en numerosas morfoespecies de los géneros *Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterostelechus*, *Lamprosterigma*, *Mooreanteris*, *Pentagonopternix*, *Preptopremum* y *Pentaridica*. El análisis de la biota abundante y diversa conformada por algas filoides, foraminíferos (fusulinidos), esponjas coralinas, corales, briozoarios, braquiópodos, moluscos, trilobites y equinodermos del Misisípico-Pérmico indica que la distribución cosmopolita de la fauna se debe a las conexiones entre los mares del oeste de América del Norte y el este de Asia. La fauna bentónica del Pérmico tardío estaba ampliamente distribuida en el dominio del Tethys, que se extendía desde el oeste de América del Norte hasta el norte de África y Asia.

microbianos se consideran importantes en estudios astrobiológicos y de geología de exploración.

PALEO-2 CARTEL

REGISTRO PALEONTOLÓGICO DISCRETO Y CONSTANTE DE LAS COMUNIDADES MICRO-ORGANISMOS QUE FORMAN TAPETES: ALGUNOS EJEMPLOS DEL FANEROZOICO

Chacón Elizabeth

UANL

baicalia2012@gmail.com

El registro paleontológico más antiguo de las comunidades microbianas tiene una edad aproximada de 3500 Ma, y junto con microbialitas, se considera una de las evidencias más sólidas de las interacciones geobiológicas entre los microorganismos y los sustratos minerales. Además, la colonización de diferentes sustratos por comunidades microbianas ocurre bajo una gran variedad de condiciones ambientales. Tales comunidades microbianas generan estructuras sedimentarias inducidas microbiológicamente conocidas como MISS por sus siglas en inglés: Microbially-Induced Sedimentary Structures or MISS; dichos tapetes microbianos presentan características que pueden confundirse con estructuras sedimentarias primarias. Adicionalmente, los tapetes microbianos también presentan características comunes con microbialitas, por lo que es frecuente que su nomenclatura y clasificación ocasione cierta confusión adicional. En este trabajo se discuten algunos aspectos relevantes en la formación de estructuras microbianas inducidas microbiológicamente en ambientes continentales recientes, así como algunos ejemplos fósiles de secuencias sedimentarias del Fanerozoico como es la formación Minas Viejas, La Virgen, Cupido, La Muralla y Ahuichila entre otras. Entre los factores que más influyen en la morfología de estas estructuras microbianas destacan la composición biótica, la mineralogía, la edad, y el ambiente. Debido a que son mayoritariamente de ambientes siliciclásticos existen muchos atributos físicos que generalmente se pueden confundir con simples estructuras sedimentarias. Además de la relevancia paleontológica, los tapetes

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizadores

David Novelo
Gerardo Suárez

RN-1

PROCESO DE REMOCIÓN EN MASA DISPARADO POR LLUVIAS EXTREMAS EN MINATITLÁN, COLIMA, MÉXICO, EL 27 DE OCTUBRE DE 1959

García Adrián¹, Saucedo Ricardo², Sánchez Juan Manuel³, Silva José Teodoro¹, Villalpando Fabian¹ y Macías José Luis⁴¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo⁴Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán
adrian.lmr@gmail.com

Los procesos de remoción en masa (PRM) son fenómenos recurrentes en las zonas montañosas de todo el mundo, por lo cual, su estudio es fundamental para evaluar la amenaza que estos representan a las poblaciones asentadas en zonas de peligro. El 27 de octubre de 1959, el impacto de un huracán categoría 4 en las costas del Pacífico mexicano trajo consigo lluvias extremas que dispararon un PRM en la comunidad de Minatitlán, Colima, en el occidente de México, con un saldo de más de 200 muertes y la destrucción de poco más de la mitad de las casas del pueblo. La lluvia presentó picos de hasta 78 mm/h en la madrugada del 27 de octubre. El análisis integral de la morfología del área de estudio, así como de la estratigrafía y textura del depósito en sus facies proximales, medias y distales, mostraron que el evento inició con la generación de una avalancha de escombros producida por una serie de deslizamientos en la sección más elevada de los cerros Copales y La Otatera, donde afloran rocas intrusivas graníticas a granodioríticas con diferentes grados de alteración. El grueso del volumen de la avalancha de escombros (1×10^6 m³) al parecer detuvo su recorrido a aproximadamente 300 m antes de impactar el pueblo de Minatitlán. Posteriormente, debido a la removilización de los depósitos de la avalancha y a una serie de pequeños deslizamientos y colapsos, se generó un flujo de escombros (2.3×10^6 m³) no-cohesivo que cubrió un área de 1.7 km² y tuvo un alcance de 4.3 km. El flujo se desplazó por el cauce del arroyo El Bonete con una descarga máxima de 460 m³/s, desbordándolo e impactando al pueblo de Minatitlán. Se lograron reconocer tres pulsos principales en el flujo de escombros, los cuales con la distancia eventualmente se transformaron en flujos hiperconcentrados. La simulación del modelo hidráulico del flujo de 1959, utilizando el software FLO2D, mostró que, de repetirse un evento de estas características, arribaría al pueblo de Minatitlán con velocidades de ~6 m/s y con fuerzas de impacto de entre 1,600 a 4,000 kg/m², energía suficiente para provocar daños graves a la población. Asimismo, se generó un mapa de peligro, como base para el diseño de estrategias de mitigación del riesgo y protocolos de emergencia ante la eventual repetición de un escenario tipo 1959 en el poblado de Minatitlán, pues históricamente la región ha sufrido el impacto de este tipo de fenómenos.

RN-2

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA PORCIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, NORESTE DE MÉXICO

Salinas Jasso Jorge Alán
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
jorge.salinasjs@uanl.edu.mx

Los movimientos en masa constituyen procesos geológicos que influyen en la evolución morfológica del paisaje terrestre. Además, representan un peligro considerable en zonas donde coexisten con el desarrollo del ser humano. Los movimientos en masa ocurren bajo diversas características, tipos, magnitud y velocidad. Por lo tanto, se requiere la evaluación de las condiciones y factores que propician estos procesos geológicos con el fin de mitigar efectos negativos en la sociedad. En este trabajo se analiza la susceptibilidad por movimientos en masa en el sector central de la Sierra Madre Oriental, en el estado de Nuevo León. Se ha desarrollado una evaluación cuantitativa de los factores condicionantes incluyendo información geológica, topográfica, geomecánica, e hidrológica para el Cañón Santa Rosa, ubicado en el tramo comprendido entre los municipios de Linares a Iturbide. Mediante trabajo de campo se han documentado las características litológico-estructurales de las distintas unidades sedimentarias que conforman la zona de estudio, así como su clasificación geomecánica. La información recopilada

ha sido procesada en un Sistema de Información Geográfica generando distintas capas temáticas para su análisis geoespacial mediante el cálculo del factor de seguridad con el método de equilibrio límite. La zona de estudio se ha clasificado con diferentes niveles de susceptibilidad (Bajo, Medio, Alto), definiendo potenciales zonas de inestabilidad de laderas. El modelo ha sido calibrado con inventarios de movimientos en masa que cubren los principales agentes detonantes de estos procesos en la región. Los resultados generados constituyen información útil en el diseño de medidas de prevención y mitigación ante el peligro asociado por estos procesos en la zona, lo cual puede ser replicado en áreas vecinas con la misma problemática en el estado de Nuevo León.

RN-3

THE ALISITOS (MESA EL DESCANSO) LARGE LANDSLIDE — A CASE STUDY FROM THE TIJUANA-ENSENADA COASTAL CORRIDOR, ROSARITO, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Mendoza Borunda Ramón¹, González Escobar Mario¹, Díaz-García Jorge Enrique², Arregui Ojeda Sergio Manuel¹, Gallegos Castillo Cristian Alejandro¹, Mastache Román Edgar Agustín¹, Aladro Chio Young Ho¹ y Reyes-Martínez Carlos Simón¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²3GEO Consultores

rmendoza@cicese.mx

When the people talk about the landsliding phenomenon in the Tijuana-Ensenada Coastal Corridor (T-ECC, Mendoza-Borunda et al., 2015) they usually think in (1) the Tijuana urban area and (2) the Scenic Highway 1D sector, between El Mirador and San Miguel (i.e., Salsipuedes Bay); however, as Mendoza-Borunda et al. (2022, work in progress) have been documenting in a database with more than 750 registered landslides, the landsliding problem are more widely distributed in the T-ECC than previously thought, including all types and sizes of landslides. This is the case of the here named Alisitos or Mesa El Descanso large landslide (or, landslide complex), a huge landslide not documented yet (or, at least not known) in the literature according to the search we did. In the present contribution, we intent to bring the attention to this truly large landslide because of its potential impact in the future social development of the area where it is located, and, as a first approximation, characterize it in terms of its location, dimensions, geomorphologic elements, some comparative data in relation to other landslides studied in the T-ECC, and their geologic context. Considering the previous, we can say that The Alisitos large landslide is located in the western edge of Mesa El Descanso, between Puerta del Mar (Punta Mezquite) and Playa La Misión (Punta Piedra) along the coastal belt. It's a huge retrogressive, crescent-shaped, rotational landslide. The maximum slide length measures 1.8 km, and their width is about 6.2 km, covering an area of about 7.5 km², which represent half of the area occupy by the landslide group located between El Mirador-Salsipuedes and San Miguel more southerly in the T-ECC. It reaches an altitude of 350 m a.s.l. at the crown center. Internally, it develops a set of ridges that give rise to an uneven or hummocky-stepped slope like topography. Also, in the body of the main landslide we can observe some nested landslides, particularly at the toe. In terms of their surrounded inland tectonic structure, the local structural grain of this part of Mesa El Descanso is dominated by a set of N-S striking, W dipping fractures (i.e., joints and dip-slip normal faults). ¿Is the Alisitos large landslide an active landslide? The evidence observed to date suggest this is an active landslide, at least active in some sectors of the main landslide body, and primarily at their toe along the coast, where the coastal processes are playing an active role in the evolution of this structure.

RN-4

APLICACIÓN FOTOGRAMÉTRICA EN LA DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR PROCESOS DE LADERA, BARRIO DE LA MULATA, TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Pardo Pedrote Ignacio A.¹ y Pérez Gutiérrez Rosalva²¹Colectivo para la Evaluación y Prevención de Riesgos Geológicos, Talli²Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero
zhaeron@gmail.com

Los Procesos de Remoción en Masa (PRM) son uno de los peligros naturales que mayores pérdidas humanas, estructurales y económicas provocan. Éstos se originan debido al desplazamientos de macizos rocosos, detritos y suelos ladera abajo, por

efecto de la gravedad; sin embargo, factores como la sismicidad, precipitaciones intensas y actividades antropogénicas pueden aumentar la incidencia y dimensiones de los mismos. El Barrio de La Mulata, en la ciudad de Taxco de Alarcón, Guerrero, ha presentado varios sucesos de desprendimiento y caída de rocas de dimensiones importantes, como el ocurrido el 18 de julio de 2018, que destruyó una vivienda y el 13 de septiembre del 2021, cuyos bloques obstaculizaron la circulación en la carretera federal No.95 por varias horas. Por lo anterior, se consideró de importancia un análisis de las características geológicas y estructurales, encaminado a identificar las zonas más susceptibles a desprendimientos de bloques de roca. En este sentido, elementos como los Modelos Digitales de Elevación (MDE) son instrumentos útiles para el análisis morfométrico del terreno; sin embargo, la resolución y temporalidad de estos insumos, puede ser una limitante para estudios en escala local. Por ello, la implementación de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) convencionalmente llamados drones y la aplicación de técnicas de restitución fotogramétrica, permiten la obtención de productos de alta resolución, incluso en cm por píxel, que facilitan una observación más detallada de la morfología, la textura y la estructura del sitio; que aunado al levantamiento puntual de planos de fallas y fracturas, son auxiliares para la determinación de la geometría y disposición de los bloques susceptibles a deslizarse. La amenaza está determinada por la intersección de discontinuidades presentes en la roca, reconociéndose por lo menos cinco sistemas de fallas que definen bloques de dimensiones importantes, cuya orientación y geometría favorecen su desplazamiento en favor de la ladera; en dirección de las viviendas de la Colonia La Mulata. La primera familia de discontinuidades (F1), tiene orientación N 308° con inclinación de 79° al SO-NE, esta estructura regional, tuvo inicialmente un desplazamiento lateral izquierdo y posteriormente, una reactivación con movimiento lateral derecho, denominada como Falla El Muerto. El segundo sistema (F2), se relaciona a la Falla Taxco, que también es una estructura de escala regional. Las discontinuidades correspondientes a este sistema tienen una orientación N 170° con inclinación de 86° al noreste y suroeste, tuvieron un desplazamiento inicial lateral derecho y se reactivaron con un desplazamiento lateral izquierdo. Al sistema F3, pertenecen estructuras de menor escala, con una orientación preferencial de N 150° e inclinación de 79° al suroeste y corresponden a fallas cuyo movimiento fue de tipo lateral derecho. El grupo de discontinuidades F4, se caracteriza por superficies orientadas N 108° con inclinaciones variables entre 61° y 86° al suroeste. Finalmente, la familia de discontinuidades F5, muestra superficies con orientación preferencial N 60° e inclinaciones variables entre 35° y 46° hacia el sureste. En el sitio, se apreció que estos planos han funcionado, en momentos distintos, como superficies de salida de diversos bloques de roca.

RN-5

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA FALLA TINÍJARO MEDIANTE MÉTODOS GEOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN. IMPLICACIONES EN EL PELIGRO GEOLÓGICO POR AGRIETAMIENTO Y SUBSIDIENCIA

Jiménez Haro Adrián¹, García Hernández Oscar¹, Ávila García Jesús², Israde Alcántara Isabel³ y Aray Castellanos Jelime²

¹UMSNH-INICIT, UNAM-ENES Campus Morelia

²UNAM

³UMSNH-INICIT

adrianjhara@hotmail.com

La falla Tinijaro es una estructura de orientación NE-SW, se ubica en la porción suroccidental de la ciudad de Morelia, esta estructura no había sido estudiada formalmente, ni mencionada en la literatura científica. Se trata de una estructura que morfológicamente tiene una traza de solo 2 km y un salto de ~1 m, sin embargo, pese a su tamaño es muy importante ya que se encuentra afectando a la zona urbana y su traza se proyecta hacia un área de crecimiento constante debido a la construcción de nuevos desarrollos habitacionales en sus cercanías. Para su caracterización se utilizaron métodos geofísicos de exploración como el uso de dron para la obtención de modelos digitales de elevación de alta resolución, tomografía de resistividad eléctrica, sísmica de refracción y métodos geológicos superficiales mediante la caracterización estructural de las afectaciones y de subsuelo mediante una exploración geológica de 15 m de longitud y 3.5 m de profundidad. Los resultados muestran que se trata de una estructura sin-sedimentaria, de origen probablemente tectónico, pero su movimiento reciente podría estar más asociado a la explotación del acuífero.

RN-6

ANÁLISIS DE FALLAS CUATERNARIAS RELACIONADAS CON LA SUBSIDIENCIA Y SUS PRINCIPALES AFECTACIONES EN LA PORCIÓN SUR DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Balderas González Emily Abigail¹, López Doncel Rubén Alfonso² y Salinas Jasso Jorge Alán¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Instituto de Geología, UASLP

balderasemily@hotmail.com

En las últimas décadas el fenómeno de subsidencia que se ha presentado en la zona sur del estado de San Luis Potosí (ciudad de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Cerro de San Pedro y una porción de Villa de Arista)

ha causado grandes afectaciones que van desde rupturas superficiales, daños en zonas agrícolas hasta daños en infraestructura urbana. Con la aplicación de diferentes métodos de percepción remota, así como trabajo de campo se presenta un análisis geoespacial donde se revisa el desarrollo de las fallas relacionadas a subsidencia en los últimos 20 años. Esto ha permitido diseñar una base de datos actualizada con información de las fallas geológico-estructural a lo largo de la porción sur del estado de San Luis Potosí. La actualización de esta base de datos, que incluye metodologías de punta junto a trabajo de campo clásico, nos permitirá hacer conjeturas más ciertas sobre el origen de la subsidencia y sus fenómenos asociados como lo son el fallamiento, el agrietamiento y los hundimientos que afectan el área de estudio.

RN-7

APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL MODELADO DE SUBSIDIENCIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Cubillos Fajardo Miguel Angel¹, Morales Casique Eric², Herrera Zamarrón Graciela³, Cabral Cano Enrique³ y Hernández Espriú Antonio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM

macubillosf@unam.edu.co

El estudio de la subsidencia en el mundo, así como en la Ciudad de México, ha sido analizado bajo diferentes metodologías. Las técnicas utilizadas combinan una serie de relaciones teóricas junto con la calibración de una variedad de parámetros; los modelos resultantes tendrán una composición diferente entre la cantidad de relaciones teóricas y la cantidad de parámetros a calibrar, generando distintos márgenes de precisión. Los modelos basados en relaciones puramente teóricas, sin parámetros a calibrar que representan construcciones matemáticas obtenidas del análisis de los datos que se tienen, son esquemas actos para usarse en diversas variaciones del fenómeno estudiado mientras se mantengan las condiciones mínimas de simplificación teórica del sistema, reproduciendo con una buena precisión el suceso. No obstante, los modelos mencionados pueden no contar con toda la variedad de variables que requerimos analizar, en tal caso, se necesitará recurrir a otras ecuaciones, algunas probablemente inexistentes, para finalmente configurar, la importancia que tendrá todo un dataset de predictores, variables, sobre la manifestación natural estudiada. Para construir modelos, quizás con una menor precisión, pero con la versatilidad para instaurar relaciones usando una gran diversidad de predictores sobre una o múltiples variables de salida, están las redes neuronales. En esta investigación se avanzó en el estudio de la subsidencia de la Ciudad de México bajo el enfoque de las redes neuronales. Como bien se mencionó, estos modelos, generalmente, pueden tener un menor rendimiento, en cuanto a precisión, que los modelos basados en relaciones físicas del fenómeno, sin embargo, los modelos de redes neuronales en este trabajo permitieron conocer la importancia cuantitativa que tiene una serie de características y propiedades, algunas medidas en diferentes unidades geológicas del sistema, sobre el análisis de la subsidencia que sufre la ciudad; insumo básico para hacer una efectiva gestión del riesgo. Un diagnóstico de esta envergadura que, admite propiedades tan distintas, y que han sido ajustadas en diversas partes del acuífero o del acuitardo del sistema de la ciudad, puede no ser tan fácilmente tratado bajo el uso de modelos convencionales. El modelo determinado para la Ciudad de México nos permite separar en orden de importancia las variables estudiadas para predecir subsidencia en tres grupos que son: - Importancia alta: Las propiedades de la Arcilla Superior, Capa Dura y Arcilla Inferior. - Importancia media: El espesor del acuitardo y abatimiento en el acuífero. - Importancia baja: densidad de viviendas, densidad de unidades comerciales, industriales y de servicio, y densidad de áreas verdes. Este modelo también nos permitió descartar la relevancia que tiene la intensidad de lluvia y el caudal de extracción puntual sobre las predicciones de hundimiento. Finalmente, se pudo obtener un valor de retardo homogéneo para todo el sistema con magnitud de 3 años. Adicional, se pudo calcular el volumen de almacenamiento perdido en los años que se llegó a calibrar el modelo, como también, se obtuvo un modelo con una precisión menor a lo logrado con otros modelos, pero que predice subsidencia dentro de un margen de error aceptable.

RN-8

AVANCES EN EL MONITOREO DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA RELACIONADOS AL FENOMENO DE SUBSIDIENCIAS A ESCALA LOCAL Y SU ANÁLISIS MULTI-CRITERIO A ESCALA REGIONAL. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE MÉXICO

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, García Cruzado Sergio Armando¹, Herrera Zamarrón Graciela², López Valdés Nestor³, Caballero Lizeth³, Jácome Paz Mariana Patricia⁴, Yépez Rincón Fabiola Doracely⁴ y Morales Arredondo José Iván²

¹Laboratorio de Percepción Remota, Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Facultad de Ingeniería Civil, UANL

nellyrmz@igeofisica.unam.mx

El mapeo físico del entorno urbano delimitando las amenazas y peligros que interactúan en él, proporcionan información útil para la gestión y mitigación de sus daños. La subsidencia forma parte de los peligros comprendidos dentro de los Riesgos Geológicos y es un fenómeno cuya dificultad radica en la lentitud de la

aparición de los daños aparentes. Dentro de estos daños se encuentran también los socavones, que aunque derivan del paulatino avance de los daños el subsuelo, la representación superficial aparece de manera repentina, causando retrasos e inconvenientes de manera abrupta. En este documento se concentran los avances de un proyecto general que involucra la revisión de este fenómeno a partir de dos escalas, local (1) y regional (2). La primera (1), consiste en el levantamiento multi-temporal (registro 3D) de sitios representativos, obtenidos mediante técnicas de Lidar de rango corto y fotogrametría con drones. Tomando en cuenta, sitios que han sufrido daños aparentes derivados de este fenómeno, como grietas e inclinaciones de edificios, y subsidencia general del terreno en forma de baches o socavones. La segunda (2) se enfoca en el análisis multicriterio considerando los criterios que en teoría se relacionan con el origen del fenómeno, realizando estudios geostatísticos de correlación entre las variables: densidad de pozos y población; distancia a arroyos, a fallas, a fracturas y a vialidades; elevación y pendiente del suelo; espesor de arcillas; tipo de roca y de suelo; velocidad de hundimiento y zonas geotécnicas, y localización de socavones. Los resultados abarcan (1) la creación de una base de datos que contiene nubes de puntos relativas a zonas dañadas de las cuales se han hecho comparativas técnicas y temporales. y 2) el bajo grado de relación lineal entre las variables tomando como base el mapeo de socavones. Se resalta como conclusión la importancia de incorporar 1) más sitios de muestreo para la zona sureste del estado y 2) la futura aplicación de modelos no lineales como técnicas explicativas del fenómeno a escala regional.

RN-9

RIEGO DE INUNDACIONES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Magaña Victor¹, Pérez Tania² y López Moisés³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²FIRA³UNAM

victormr@unam.mx

El proceso de urbanización y la formación de luna Isla de Calor Urbana sobre el Área Metropolitana de Guadalajara son factores que han incrementado el riesgo de inundaciones en dicho ambiente urbano. El crecimiento demográfico y la expansión de la ciudad an inducido transformaciones en el uso del suelo que incrementan el peligro y la vulnerabilidad. EN el caso del peligro, el calentamiento en superficie permite un incremento en los niveles de humedad específica que resultan en menor estabilidad atmosférica. Dicha tendencia se identifica en las tendencias de una mayor Energía de Convección desde los años 1970s. El aumento en los valores extremos de la lluvia en décadas recientes sobre la parte urbanizada es notable, creciendo el Percentiles 95% de la lluvia diaria en alrededor de 3 mm, llegando a más de 40 mm/hr, lo que constituye lluvias muy intensas. Por otro lado, el proceso de urbanización incrementa la vulnerabilidad al reducir la cubierta vegetal de la zona en partes altas, incrementando los escurrimientos, con un sistema de drenaje que poco ha variado en décadas recientes, con sistemas de avenidas sobre cauces de ríos y pocas acciones de prevención. Así, peligro y vulnerabilidad aumentan el riesgo de inundaciones urbanas, lo que se comprueba en un rápido incremento del número de reportes de inundación en años recientes. Mediante el uso de un modelo de lluvia escurrimiento, se construyen escenarios de riesgo de inundación con y sin medidas de adaptación que muestran que un conjunto de acciones que incluyen reforestación urbana pueden resultar en mitigación del peligro y del riesgo.

RN-10

VULNERABILIDAD SÍSMICA SOCIAL Y ESTRUCTURAL EN ZIHUATANEJO, GUERRERO, MÉXICO

Novelo Casanova David Alberto y Suárez Reynoso Gerardo

Instituto de Geofísica, UNAM

dnovelo@geofisica.unam.mx

En esta investigación, la distribución espacial de las vulnerabilidad sísmica estructural y social en Zihuatanejo, Guerrero, fue representada en un Sistema de Información Geográfica. La vulnerabilidad social se evaluó analizando la información de la población relacionada con el acceso a servicios de salud, educación, vivienda, empleo y población. La vulnerabilidad estructural se determinó considerando la tipología, el tipo y la antigüedad así como la calidad de los materiales de la construcción. Los hogares de estudio fueron seleccionados aleatoriamente a partir de una muestra estadísticamente significativa. Nuestros resultados indican que en las zonas occidental y oriental de Zihuatanejo, que abarcan aproximadamente un tercio de su territorio, la población presenta una vulnerabilidad social alta y muy alta. Aunque la amplificación sísmica del terreno en ZIH es relativamente baja, las áreas al oeste y suroeste de la ciudad son zonas donde el impacto de los terremotos fuertes en las construcciones puede ser mayor que en otras áreas. En particular, se verían afectadas las colonias Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Emiliano Zapata, Las Mesas, Buenos Aires, Lomas del Quebrachal y Lomas del Riscal. Los principales factores que condicionan los altos niveles de vulnerabilidad social son las familias de bajos ingresos con mujeres como jefas de familia, y los hogares con acceso marginal a la tecnología como internet, teléfono, computadora, etc. En general, las viviendas con una tipología susceptible de ser dañada por el impacto de un sismo se encuentran en regiones donde la población es socialmente más vulnerable. Otro hallazgo importante es que aproximadamente el 50% de la población y el 30% de las viviendas tienen un nivel alto y muy alto de vulnerabilidad

social y estructural, respectivamente. Los resultados de esta investigación aportarán información a las autoridades locales y federales para fortalecer sus planes de protección civil y mitigación de riesgos.

RN-11

FACTORES DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y PERCEPCIÓN SOCIAL, ASOCIADA A LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN ZONAS URBANAS: CASO DE ESTUDIO, LA MANCHA, VERACRUZ

Morán Rodríguez Sonia¹, Dávalos Sotelo Raymundo¹ y Zúñiga Tovar Angel Emmanuel²¹Instituto de Ecología de Xalapa, INECOL²CONACYT - Instituto de Geografía, UNAM

soniamoranrodriguez@gmail.com

Las áreas naturales con potencial turístico, son altamente propensas a ser afectadas en sus características ambientales. Esto sucede cuando se rebasa su capacidad para absorber el impacto del agente perturbador. Como ejemplo, tenemos el arrecife de coral en el caribe mexicano. La dinámica actual del crecimiento urbano y el desarrollo agrícola en la región de La Mancha, Veracruz, son factores que por sus características actuales, generan impacto negativo en los ecosistemas de la zona. Por esta razón consideramos que estudios encaminados a identificar las características de vulnerabilidad socioeconómica y su relación con el impacto ambiental son indispensables, ya que permiten evaluar las características del desarrollo socioeconómico en la región que generan un efecto negativo en los ecosistemas. Este estudio identifica los índices de vulnerabilidad socioeconómica y la percepción del daño ambiental para la región de La Mancha, Veracruz. Los resultados indican que los niveles de vulnerabilidad socioeconómicos en la región, oscilan entre moderado a muy alto. Los indicadores de percepción social determinan niveles de daño altos en flora y fauna. Nuestra investigación permite identificar los procesos de urbanización que generan efectos negativos en el ambiente, siendo uno de nuestros objetivos promover políticas encaminadas a un desarrollo urbano sustentable.

RN-12

VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Zúñiga Tovar Angel Emmanuel¹ y Zavaleta Medrano Tabhata²¹CONACYT - Instituto de Geografía, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM

ezuniga@geografia.unam.mx

El proceso de transformación del paisaje natural en las cuencas hidrológicas, es un indicador de la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos naturales y del aumento de escurrimientos superficiales. El Cambio de Cobertura y de Uso de Suelo (CCUS) en la Ciudad de México (CDMX) asociado al crecimiento urbano, es un factor que ha contribuido con el proceso de degradación de las cuencas hidrológicas en la CDMX. Este proceso de transformación del paisaje natural, parece estar asociado con la tendencia de las inundaciones en la CDMX. Por lo que, este trabajo compara el efecto del CCUS entre 1970 y 2016 con el aumento de la vulnerabilidad ambiental (VA) de las cuencas hidrológicas y el riesgo de inundaciones en la ciudad, con el objetivo de evaluar en qué medida la VA y el peligro (P) por lluvias intensas de forma individual o combinada contribuyen con el riesgo actual en la CDMX. Se combina información del CCUS con las características físicas del terreno para obtener un índice de vulnerabilidad ambiental para los periodos 1970 y 2016. Aplicamos un método asociativo para relacionar registros de inundaciones con datos de lluvia diaria, para determinar de forma empírica umbrales de lluvia intensa que sirvieran para representar el P. Usamos el método de Número de Curva (NC) para determinar zonas potenciales de inundaciones (ZPI), integrando valores de VA y P. El resultado mostró que aumentaron las ZPI determinadas con nivel moderado (52%), alto (27%) y muy alto (18%). Este incremento, se observó principalmente en las zonas poniente y sur de la CDMX donde la VA también mostró los mayores cambios. El uso de la VA resultó ser eficiente para determinar ZPI cuando se compara con registros históricos de inundaciones y encharcamientos. Se puede concluir que el efecto del CCUS en las cuencas hidrológicas contribuye con el riesgo actual de inundaciones en la CDMX, debido a la pérdida de infiltración de los suelos, por lo que la preservación y conservación de los ecosistemas naturales representa la principal medida de mitigación y prevención de desastres.

RN-13

ESTUDIO DE PELIGRO POR TSUNAMI EN LA COSTA OCCIDENTAL DE MÉXICO: EVALUACIÓN PROBABILISTA DE PELIGRO POR TSUNAMI EN LAS CIUDADES DE ACAPULCO, PUERTO VALLARTA Y PUERTO ESCONDIDO

Ramírez Álvarez Emmanuel, Bautista Tadeo Ángel, Arreola Manzano

Jonatán, Jiménez Velásquez Juan Carlos y Robles Mendoza Alejandra

Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

eramirez@cenapred.unam.mx

La evaluación probabilística del peligro de tsunami también conocida como PTHA, se desarrolló para cuantificar la amenaza de una región expuesta a este fenómeno

para posteriormente incluir esta información en los análisis de riesgo de tsunami para distintos períodos de retorno de interés "Tr" y que pueden extenderse desde algunos cuantos hasta cientos e incluso miles de años, y donde los catálogos de tsunamis no tienen información. Como la gran mayoría de los catálogos históricos de tsunamis son incompletos, la alternativa para subsanar esta deficiencia, es utilizar modelos numéricos de generación, propagación e inundación combinados con las probabilidades de origen para proporcionar estimaciones cuantitativas del peligro de tsunami para distintos periodos de retorno. El catálogo de tsunamis históricos del Centro de Alerta de Tsunamis, dependiente de la Secretaría de Marina (CAT-SEMAR), indica que en los últimos 285 años (1732 a 2017), se ha registrado el arribo de más de 60 tsunamis con diferentes alturas de ola en la costa occidental de México. Aunque se tiene un buen registro histórico sobre este fenómeno, existe la posibilidad de ocurrencia de eventos superiores en intervalos de tiempo mayores y de los cuales no se tiene registro. Por tal motivo se realizó un estudio de evaluación probabilista de peligro por tsunami. En esta primera etapa solo se contemplan fuentes tsunamigénicas de campo cercano y para las ciudades portuarias de Acapulco, Puerto Vallarta y Puerto Escondido ubicadas en las costas del Pacífico mexicano, donde existe una alta probabilidad de exceder alturas de ola en la línea de costa, para esto se seleccionaron tres periodos de retorno. Dentro de los alcances de este estudio se realizó: • La recopilación de información libre topográfica y batimétrica de la bahía del Pacífico mexicano. • Generación de un catálogo sintético que contemple las características de la fuente sísmica tsunamigénica. • El análisis Gutenberg-Richter (G-R), para cada fuente seleccionada con posibilidad de generación de tsunami. • Se elaboraron curvas de probabilidades de exceder umbrales de altura de ola que pueden trasladarse a periodos de retorno de interés. Se pretende que este estudio sea una guía en materia de Protección Civil cuando se realicen análisis de riesgos de origen natural y para el fenómeno geofísico de tsunami en las costas mexicanas, debido a la practicidad y bajo coste de recurso para su implementación.

RN-14

LOS FACTORES SOCIOTECNICOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN ANTE LA ALERTA SÍSMICA EN MÉXICO

Vaiciulyte Sandra¹, Novelo Casanova David Alberto¹ y Husker Allen²

¹UNAM

²CALTECH

sandra.vcity@gmail.com

En los países donde los sismos son pertinentes, la investigación ha explorado las motivaciones de la respuesta humana a peligros naturales, mostrando que una variedad de factores, incluidos los sociodemográficos, son importantes en la toma de decisiones. Sin embargo, la respuesta humana ante la alerta temprana es tan importante como la respuesta a un peligro natural en sí mismo, ya que tiene el potencial de salvar vidas. No obstante, pocos estudios se centran en estas características cuando se trata de la respuesta humana a la alerta sísmica temprana, incluso en menor medida en México, donde la alerta ha estado disponible desde 1991. Este estudio utiliza datos de cuestionarios de encuestas (N = 285) para explorar los factores sociodemográficos y sociotécnicos en la adopción de medidas de protección en la respuesta ante la alerta sísmica entre la población mexicana; los resultados incluyen la decisión de evacuar, permanecer en el lugar y decisiones de copiar el comportamiento de otros. El estudio se complementa con entrevistas. Los resultados demuestran que las comunicaciones dirigidas e inclusivas sobre qué hacer en respuesta ante la alerta en México a menudo enfrentan falta de continuidad, y aunque los simulacros de sismo se realizan de manera rutinaria, es posible que no sean representativos de situaciones de la vida real, o no acomodan las personas con problemas de movilidad/audición. Es importante destacar que se demostró que las expectativas del desempeño de la alerta sísmica también estaban relacionadas con una mayor autoeficacia en los individuos, lo que resultó en una menor ocurrencia de copiar el comportamiento de los demás.

RN-15

AMENAZAS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN LOS VOLCANES ATITLÁN Y TOLIMÁN, GUATEMALA

Secaira Daniel¹, Queché Juan Matheo¹, Girón Luis Iván¹, Moncada María¹, Pérez Argueta Byron Isaías², Ferrés Dolors³, Capra Lucia⁴ y Caballero Lizeth⁵

¹Asociación Vivamos Mejor

²CUNOR/USAC

³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Centro de Geociencias, UNAM

⁵Facultad de Ciencias, UNAM

d.secaira@vivamosmejor.org.gt

Los volcanes Atitlán y Tolimán son 2 estratovolcanes vecinos, localizados al sur de la caldera de Atitlán (Guatemala). Ambos volcanes están considerados en el grupo de alta amenaza volcánica, aunque no han presentado actividad eruptiva reciente. Sin embargo, ha sido frecuente la ocurrencia de lahares. Las características geomorfológicas de ambos volcanes como son sus pendientes abruptas (>30°), la presencia de lavas y materiales piroclásticos intemperizados y las características climáticas de la región, con precipitaciones que puede alcanzar los 500 mm mensuales, crean las condiciones adecuadas para que, ante lluvias extraordinarias ocasionadas por huracanes, ocurran deslizamientos y lahares secundarios, que en

el pasado reciente han ocasionado desastres en las poblaciones asentadas a sus alrededores. El Huracán Stan, en octubre de 2005, y el huracán Agatha, en 2010, desencadenaron numerosos deslizamientos en los flancos de estos volcanes, los cuales coalescieron en las barrancas y, debido al escurrimiento de lluvia asociado, se convirtieron en lahares que ocasionaron importantes daños a la infraestructura y cobraron un número importante de vidas humanas. Lo anterior, además de las conexiones existentes entre la red hidrológica en ambos volcanes, plantea la necesidad de realizar un análisis integrado de la amenaza. Por lo tanto, en este trabajo se presenta una versión preliminar del mapa de amenazas por lahares en los volcanes Atitlán y Tolimán. La metodología empleada incluye: (1) un análisis de las lluvias disparadoras y sus periodos de retorno, (2) un análisis morfológico y su relación con la susceptibilidad a deslizamientos y, (3) trabajo de campo a detalle para la caracterización de depósitos de lahar encontrados en el registro estratigráfico y en eventos recientes. Dicha información será integrada con herramientas de simulación, particularmente el software FLO2D, para la parametrización de procesos lluvia-escurrimiento ante diferentes escenarios de lluvia (por ejemplo, magnitud y/o intensidad) y la delimitación de las áreas de inundación por lahares para cada uno de los escenarios planteados en función de su magnitud (volúmenes de los lahares para cada escenario de lluvia). Los productos resultantes son fundamentales para la gestión integral del riesgo y la reducción del riesgo de desastres en la zona, y son el resultado de un proyecto multinacional e interinstitucional para la definición de un sistema de alerta temprana ante erupciones volcánicas en Guatemala en el que colaboran la UNAM (México), el INSIVUMEH, la CONRED y la Asociación Vivamos Mejor (Guatemala), con financiamiento de la Cooperación Suiza América Central.

RN-16

EFFECTIVE SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EARTH OBSERVATION ANALYSIS FOR NATURAL HAZARD MAPPING AND MONITORING

Homayouni Saeid

Institut National de la Recherche Scientifique, INRS

saeid.homayouni@inrs.ca

Climate change threatens many aspects of our lives and our planet by causing natural hazards. Extreme cold conditions, drought, floods, wildfires, and landslides are just a few of the devastating hazards that have occurred frequently in recent years. Recent advances in Earth Observation (EO) and Artificial Intelligence (AI) offer unique opportunities to leverage these innovative technologies to develop scientific insights and effective solutions to the environmental challenges we face. In this presentation, we will show two applications of AI-based EO analysis for active fire and landslide detection. In the first application, we implemented a "MultiScale-Net" deep convolutional neural network (DCNN) for fire detection from Landsat 8 images. In the second application, a new approach based on an unsupervised deep learning model that uses a convolutional auto-encoder was proposed for landslide detection. To evaluate the performance of the proposed approach, we used Sentinel-2 imagery and a digital elevation model (DEM) to map landslides in three different case studies.

RN-17

CATALOGO DE AMENAZAS DEL CLIMA ESPACIAL. DEFINICIÓN DE EVENTOS EXTREMOS

González Esparza Juan Américo

Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

americo@geofisica.unam.mx

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 fue uno de tres acuerdos históricos adoptados por las Naciones Unidas en 2015. En 2020, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) publicó una lista de definiciones de eventos amenazas con el objetivo de monitorear y revisar su implementación en los sistemas de alerta temprana. La lista de amenazas de la UNDRR incluye 302 eventos: 60 meteorológicos e hidrológicos, nueve extraterrestres (incluidos cuatro fenómenos de Clima Espacial), 35 peligros geológicos, 24 medioambientales, 25 productos químicos, 88 biológicos, 53 tecnológicos y ocho sociales. Los cuatro eventos del Clima Espacial son: Tormentas Geomagnéticas, Tormentas Ionosféricas, Tormentas de Radiación Corpuscular Solar y Apagones de Radio. Un equipo experto en catalogación de eventos de riesgo (ET-CHE) en la Organización Meteorológica Mundial (OMM) está desarrollando la terminología para que los usuarios y las partes interesadas (por ejemplo, los administradores de riesgos de desastres) puedan comprender mejor los riesgos que puede impactarlos. Además, esta terminología se integrará en los sistemas nacionales de alerta temprana. Por lo tanto, es crucial que la comunidad del Clima Espacial revise y discuta la lista de peligros. Revisar e incorporar esta información en el sistema de la OMM es esencial.

RN-18

ANÁLISIS CON PERCEPCIÓN REMOTA DEL CAMBIO ESPACIO TEMPORAL DE LA FUNCIONALIDAD DEL MANGLAR CON RESPECTO A SU PROTECCIÓN COSTERA

Monterrubio Martínez Erandi¹, Tuxpan José¹ y Moreno Casasola Patricia²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY²Instituto de Ecología, A.C.

erandi.monterrubio@ipicyt.edu.mx

Los manglares son ecosistemas de importancia internacional dada su funcionalidad para proveer diversos bienes y servicios ecosistémicos directos e indirectos para el ser humano. Entre las funciones más importantes está la protección costera, dado que es la primera y más eficaz barrera frente al impacto de olas, vientos, tormentas y huracanes, por lo que su distribución y cobertura determina la vulnerabilidad de la zona costera. Sin embargo, las actividades humanas como expansión de áreas para el desarrollo turístico, agrícola y ganadero han ocasionado la fragmentación y tala excesiva que ha reducido su cobertura, aumentando con ello la vulnerabilidad costera, por lo cual se está buscando desarrollar herramientas y métodos de alta precisión que disminuyan costos económicos y de esfuerzo humano que permitan monitorear los cambios y determinar las necesidades para desarrollar estrategias de un manejo integral y sostenible para estos ecosistemas. El presente estudio se realizó en La Mancha, Veracruz donde se realizaron salidas a campo para delimitar la distribución de 4 especies de manglar (*Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*). Posteriormente se calcularon índices de vegetación y agua utilizando 409 imágenes ópticas de Landsat y Sentinel 2 para luego hacer comparaciones estadísticas entre especies y entre temporadas de lluvia y estiaje, encontrando en ambos casos, diferencias significativas ($p < 0.05$). Con estos resultados, se seleccionaron algunas zonas para realizar un vuelo de Drone con lo cual se pudiera determinar su estructura morfológica (altura y cobertura basal) por especie para determinar áreas de vulnerabilidad, de acuerdo con los resultados obtenidos y sus cambios en flujos hídricos, verdor y cobertura que definen parte de su funcionalidad para la protección costera.

RN-19

DETECCIÓN DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL OCEANO MEDIANTE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR) Y TÉCNICAS DE APRENDIZAJE PROFUNDO

Canul Ku Mario¹, Suárez Améndola Manuel Arturo¹, Hasimoto Beltrán Rogelio¹, Díaz Méndez Guillermo M.², Ocampo Torres Francisco Javier² y Esquivel Trava Bernardo²¹Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE³Investigador Libre

mariocanul@cimat.mx

Una de las principales amenazas que afecta severamente los ecosistemas marinos está relacionada con la exploración y extracción de hidrocarburos. Toneladas de petróleo han sido vertidas al océano de manera accidental como natural, causando graves daños en la vida marina y el desarrollo económico regional. En particular, en el año 2010 ocurrió uno de los mayores derrames de hidrocarburo en el planeta (Deepwater Horizon), el cual vertió al océano alrededor de 594,000 tons de hidrocarburo [1]. Sin embargo, los micro-derrames de petróleo ocurren de manera constante debido a tuberías en mal estado, accidentes entre los barcos de transporte de petróleo, desgargas ilegales, entre otras. Aunado con el escurrimiento urbano estos micro-derrames constituyen un 71% de la contaminación causada por aceites terrestres [2]. Por lo tanto, es de vital importancia detectar, geolocalizar y monitorear la extensión de los derrames a tiempo, y con ello emitir alertas a las autoridades correspondientes para mitigar los daños de manera expedita. Los sensores de Radar de Apertura Sintética-SAR han mostrado una gran capacidad para operar bajo condiciones climatológicas adversas, de día y noche y con gran cobertura del océano. Por otro lado, las tecnologías de redes neuronales profundas (Deep Neural Networks-DNN) han sido aplicadas de manera efectiva en la detección de hidrocarburos mediante imágenes SAR [3]. Es por ello que, proponemos una metodología nueva que se compone de cuatro pasos principales: 1) Construcción de imágenes multi-canal, 2) Diseño de esquema de re-inicio de tamaño de paso, 3) Entrenamiento de la DNN y 4) Segmentación a nivel pixel de hidrocarburos. El primer paso incluye un pre-procesamiento de las imágenes SAR, el cual consiste en la calibración de valores radiométricos, filtración de ruido, georeferenciación, remoción de píxeles con información del continente e islas, y normalización de los valores radiométricos en el rango de 0 a 1 por medio de un máximo y mínimo global, los cuales son calculados a partir de 15 imágenes Envisat y 2 de Sentinel-1. Posteriormente, se procede a la construcción de la imagen multi-canal IM = {IO, IW}, utilizada para entrenar la DNN. El primer canal IO corresponde a valores radiométricos normalizados de la imagen RAS, y el segundo canal IW representa la velocidad del campo de viento estimada mediante el algoritmo CMOD5 [4]. Las imágenes multi-canal se sub-dividen en 42,892 sub-imágenes de 224x224 píxeles, las cuales son utilizadas para aumentar el número de imágenes y con ello reducir el sobre-ajuste de la DNN. El entrenamiento (paso 3) hace uso del esquema de re-inicio de tamaño de paso para evitar estancamiento en mínimos locales, y con ello obtener una DNN que aprende a segmentar píxeles (paso 4) que contienen manchas de petróleo de manera óptima. Los resultados de la segmentación a nivel pixel de

la combinación IM = {IO, IW} muestran un 98.81% de efectividad, con lo se prueba la efectividad de nuestro método.

RN-20

APRENDIZAJE DE MÁQUINA APLICADO A LA DETECCIÓN DE DERRAMES DE PETRÓLEO Y ESTIMACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN IMÁGENES ÓPTICAS

Trujillo-Acatitla Rubicel, Tuxpan José y Ovando Vázquez Cesaré

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY

rubicel.trujillo@ipicyt.edu.mx

El desarrollo de técnicas y métodos de detección de hidrocarburos en entornos marinos, así como el seguimiento de las variaciones en su concentración, son considerados esenciales para la vigilancia, detección y respuesta a los derrames naturales, accidentales y por descargas ilegales. Este tipo de siniestros son considerados de importancia prioritaria debido a los impactos ocasionados al medio ambiente marino, así como los impactos socioeconómicos que conlleva. El uso de imágenes de satélites pasivos ha generado un amplio campo de aplicabilidad en las áreas de detección y diferenciación de superficies para respuesta a emergencias, esto debido a las diferencias que presentan las superficies y objetos en su respuesta espectral. Basándonos en este principio, en este trabajo utilizamos datos de respuesta espectral de agua, petróleo, plástico, suelo y vegetación para desarrollar un modelo de detección de superficies, con el objetivo principal de detectar derrames de petróleo. Además, se utilizaron datos de petróleo con diferentes concentraciones para obtener un modelo de estimación de concentración. En ambos casos, el desarrollo de los modelos se basó en técnicas de aprendizaje de máquina (ML siglas en inglés), buscando su aplicabilidad en imágenes Landsat. Al realizar las pruebas de los modelos de clasificación supervisada en imágenes Landsat del derrame ocurrido en el Golfo de México en el año 2010, el modelo K-Nearest Neighbors (Accuracy = 0,89; F1 = 0,89) generó buenas aproximaciones en la detección de petróleo, logrando incluso detectar emulsiones, agua en petróleo (WO siglas en inglés) y petróleo en agua (OW siglas en inglés), esto utilizando las partes del espectro electromagnético correspondientes a las bandas Azul (0,453-0,520 μ m), NIR (0,790-0,891 μ m), SWIR1 (1,557-1,717 μ m), y SWIR2 (1,960-2,162 μ m). Además, se realizaron pruebas con imágenes de zonas sin petróleo, en las cuales no se identificó la presencia de petróleo, como se esperaba. En el modelo de estimación de la concentración, fue posible obtener un valor de ajuste R² de 0,99 para los datos de entrenamiento y de 0,97 para los datos de validación, con un error medio absoluto (MAE) de 1,41 y 3,34, respectivamente. Posteriormente, al probar el modelo de estimación de la concentración en imágenes en las que se detectó la presencia de aceite, se obtuvo que la concentración estimada variaba entre el 40 y el 60%. Por lo tanto, los resultados obtenidos demostraron la fiabilidad del uso de los datos de respuesta espectral para la detección y estimación de concentración de derrames de petróleo en imágenes de satélite pasivas, así como la efectividad en la implementación de modelos basados en técnicas de ML.

RN-21 CARTEL

DISTRIBUCIÓN ESPACIOTEMPORAL DE RAYOS EN EL NOROESTE DE MÉXICO CON UNA RED DE DETECCIÓN GLOBAL DE ALTA EXACTITUD Y LA IMPORTANCIA DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS DECESOS ASOCIADOS

Gutiérrez Angamea Grisel Alejandra¹, Minjarez Sosa Carlos Manuel², Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe¹ y Vázquez Becerra Guadalupe Esteban¹¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS²Universidad de Sonora, UNISON

griselgutierrez.facite@uas.edu.mx

La actividad de rayos en el noroeste de México es elevada y este escenario permite analizar el fenómeno desde distintos enfoques; por ello, esta investigación es un área de oportunidad para su estudio y un punto de partida para fomentar el uso correcto de los términos riesgo y peligro en trabajos de este tipo. Los registros de los rayos nube-tierra fueron obtenidos de la Global Lightning Dataset (GDL360) de Vaisala, Inc., esto significa que provienen de una red más homogénea con una exactitud superior a los 500 m, lo que implica una mayor calidad en las lecturas con una menor cantidad de ruido. Si bien es cierto que existe una gran cantidad de investigaciones sobre rayos y sus afectaciones, una diferencia esencial de este trabajo es el desarrollo de una metodología que involucra datos geodemográficos y estadística multivariada para identificar los elementos más relevantes en los decesos por caída de rayos en el periodo 2015-2019. La metodología desarrollada en este análisis geoespacial puede ser una referencia para sitios donde la información es escasa o comprometida y a la vez significa un paso más en el estudio del fenómeno hidrometeorológico. En el área de estudio se identifican las regiones con mayor ocurrencia y densidad de rayos con un tamaño de celda muy fina de 1,000m X 1,000m; también se tiene la cantidad de decesos atribuidos a caída de rayos y sus circunstancias. En cuanto a la cantidad de afectados, directa e indirectamente por caída de rayo, su clasificación puede resultar hasta cierto punto confusa; esta depende de una diversidad de factores, desde la capacidad de observación de la escena y el traslado de afectados a sitios con una mayor infraestructura hospitalaria, hasta el llenado de la base oficial de decesos. El hecho de que no se registren oficialmente grandes cantidades de decesos por esta causa, no significa que no sucedan; sin embargo, lo que se puede señalar es la baja tasa de mortalidad,

debido a un cambio en las actividades económicas y recreativas, así como en la construcción de infraestructura adecuada para resguardo de las personas. Además de los datos generales del afectado o afectados y del sitio de ocurrencia, se propone que cada caso incluya una referencia geoespacial para un mejor manejo de la geoestadística y para futuras investigaciones. A la conclusión de esta investigación se identificarán las zonas más afectadas por este fenómeno, en la búsqueda de disminuir la generación de decesos por esta causa, y en un futuro poder participar en la mejora de políticas públicas.

RN-22 CARTEL

AVALANCHA GIGANTE DE ROCAS, REPRESAMIENTO Y FLUJO DE ESCOMBROS SECUNDARIO A LO LARGO DEL RÍO COTAHUASI, PERÚ

Sánchez-Núñez Juan Manuel¹, Gómez A. Juan Carlos², Macías José Luis³ y Arce S. José Luis⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, CIEMAD

²Instituto Geofísico del Perú

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

sanchez0120@gmail.com

Los procesos gravitacionales se encuentran entre los fenómenos de remoción masiva más frecuentes y peligrosos en todo el mundo. Pueden ser desencadenados por terremotos, lluvias extraordinarias, desprendimiento de glaciares, actividad volcánica, entre otros. En este estudio, reconstruimos el origen y la causa de la avalancha de rocas ocurrida en el cañón de Cotahuasi en el sur de Perú. El escarpe principal es un circo formado durante el último periodo glacial y está formado por ignimbritas de Alpabamba y rocas volcánicas de la Formación Barroso Superior. El desprendimiento generó una avalancha de roca seca con un mínimo de 1.13 km³, que fue inmediatamente confinada al valle de Cachana, donde recorrió 11 km aguas abajo antes de llegar al río Cotahuasi. Allí recorrió otros 3 km hacia el frente de la sierra de Mungui con velocidades mínimas de 72 m/s. Esta sierra transversal obligó a la avalancha a extenderse lateralmente aguas arriba y aguas abajo del río Cotahuasi antes de su parada final. El depósito resultante (H/L = 0.16) desarrolló una topografía montañosa y formó una presa de 10 km de largo y #100 m de alto que embalsó dos lagos temporales. En su máxima capacidad, estos lagos podrían contener ~1,6 x 10⁸ m³ de agua antes de desbordar la presa. La ruptura de la presa generó una inundación catastrófica que viajó decenas de kilómetros y probablemente hasta el mar. El depósito de flujo de detritos fue bien cartografiado hasta una distancia de 20 km de la zona de aporte, con la presencia de terrazas de 4 a 50 m de espesor con un volumen mínimo de 0,72 km³. Después de esta distancia, el depósito desaparece debido a la erosión posterior del propio río. Teniendo en cuenta el volumen faltante en el circo del escarpe principal (~3,85 km³) y la suma de los volúmenes mínimos de los depósitos de avalancha de rocas y flujo de escombros (~1,85 km³), alrededor del cuarenta por ciento del material debe haber sido removido por glaciares y fluviales desde su emplazamiento original. La avalancha gigante y su transformación a flujo de escombros, es un evento que marca la pauta para los pobladores de esta región en la elaboración de planes de contingencia para futuros fenómenos de esta naturaleza.

RN-23 CARTEL

APLICACIÓN DE CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS EN EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA CARRETERA #58, TRAMO LINARES – ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO

González González Gerardo Alfredo y Salinas Jasso Jorge Alán

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

gerardogz49@gmail.com

Los análisis de susceptibilidad por movimientos en masa evalúan los factores condicionantes que propician estos procesos geológicos. Los resultados de estas evaluaciones ayudan a definir potenciales zonas de peligro asociado a inestabilidad de laderas. Por lo tanto, la caracterización de estos factores se vuelve importante en las estimaciones del riesgo. En este trabajo se presenta un análisis de susceptibilidad de movimientos en masa en el Cañón Santa Rosa, en el tramo que conecta a los municipios de Linares e Iturbide en la parte central del estado de Nuevo León. Esta zona es transitada mediante la Carretera 58, la cual conecta la parte noreste de México con el centro-sur del país, siendo una vía de transporte y comercio muy importante en la región que ha sido constantemente afectada por derrumbes. Se han revisado los factores geológicos, estructurales, topográficos, hidrológicos y de vegetación que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa en la zona de estudio a lo largo de la carretera. A partir de trabajo de campo, implementación de clasificaciones geomecánicas (p.ej., GSI) y visitas virtuales utilizando Google Earth e imágenes satelitales se han evaluado potenciales zonas de inestabilidad, siendo clasificadas con distintos niveles de susceptibilidad (Bajo, Moderado, Alto).

RN-24 CARTEL

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN EL MUNICIPIO DE TEZIUTLÁN, PUEBLA: ZONA DE ALTO RIESGO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Ventura Marroquín Julia Isabel, Ortuño Bonilla Nancy Berenice, González Guevara José Luis, González Hernández Julio César, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo y Alonso Ruiz Francisco Martín

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

juliavema98@gmail.com

A nivel mundial, los desastres relacionados con la inestabilidad de laderas generan un importante impacto negativo en el ámbito ambiental, social y económico. En México, en la región noreste del estado de Puebla hay muchos municipios que año tras año están sujetos a la aparición de descensos repentinos de masas de tierra y roca por las laderas; y al ser Teziutlán un municipio perteneciente a esta región, la cual es considerada un sitio vulnerable a los efectos del cambio climático, es indispensable el estudio de estos fenómenos para salvaguardar a la población y evitar que los riesgos asociados lleguen a niveles de desastre. Para el desarrollo de este mapa se utilizaron distintas variables como lo son mapas topográficos, geológicos, hidrogeológicos, uso de suelo, entre otros. Estos mapas fueron realizados con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar la susceptibilidad por deslizamientos en el municipio de Teziutlán, por medio de una integración de las distintas variables y así obtener zonas con alta o baja susceptibilidad a este fenómeno. En esta oportunidad se presenta un mapa de susceptibilidad por deslizamiento de laderas del municipio de Teziutlán, en el noreste del estado de Puebla, y con base en éste, evaluar las zonas más susceptibles.

RN-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA AL NORPONIENTE DE CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA, MÉXICO

Tinoco Lizdec¹, Rodríguez Contreras Perla² y Jiménez López Luis Ángel³

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ

²Instituto de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, UACJ

³Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo

liztinoco18@hotmail.com

Los procesos de remoción en masa (PRM) alrededor del mundo, se presentan a una extensa variedad de escalas, condiciones geológicas, geomorfológicas e inclusive sociales. Ciudad Juárez no es ajena a los efectos de los PRM, un ejemplo del grado de peligro se relaciona a un evento registrado en 2006, donde la presencia de lluvias afectó una parte importante del sur y el poniente de esta, siendo una fuerte avenida en el arroyo del Indio, que tiene su origen en la Sierra de Juárez, el cual destruyó un número aproximado de 250 viviendas. Por tanto, se propone una evaluación en relación con los Procesos de Remoción en Masa (PRM), el peligro o amenaza que estos generan en lo que es la parte norponiente del municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua, en la subcuenca "Arroyo Colorado". Mediante el análisis de diversos parámetros básicos de la subcuenca, los cuales son base para estudiar el comportamiento de los PRM, ante la presencia de lluvias que transportan importantes volúmenes de agua y materiales; el cual tiene su origen en la sierra de Juárez y, que son potencialmente capaces de generar inestabilidad del terreno sobre los asentamientos humanos. Este trabajo consiste en la caracterización del peligro geológico mediante su comportamiento geológico, geomorfológico y geotécnico, de las zonas de interés, con base en la revisión y recopilación de la información, orientados a la identificación de peligro. El objetivo es identificar zonas susceptibles a los PRM en el área de la subcuenca mencionada, obteniendo mapas de zonificación que pueden considerarse como herramienta para emitir criterios y decisiones en cuestiones de gestión del territorio.

RN-26 CARTEL

CARACTERIZACION GEOMÉTRICA Y CINEMÁTICA DE LA INESTABILIDAD DE TALUDES EN CANALES: CASO DE ESTUDIO RIO CHIQUITO, MORELIA

Cerda Molina Luz María

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

luzmaria.mol@gmail.com

Los deslizamientos de tierra son el fenómeno natural más peligroso que causa daños severos a la infraestructura humana o incluso causando gran cantidad de muertes cada año. La evaluación y el manejo del peligro de movimiento de masa, especialmente por deslizamientos, es, por lo tanto, uno de los principales problemas, particularmente, en regiones montañosas con desarrollo urbano. En este estudio en particular, los deslizamientos están relacionados con la erosión fluvial del Río Chiquito en Morelia, Michoacán. El Río Chiquito es el segundo cauce más importante y afluente del Río Grande, que atraviesa la ciudad de Morelia. Tiene una longitud aproximada de 25 km y nace al sur del municipio de Morelia, en las localidades de La Lobera y La Lechuguilla. En su cruce por la mancha urbana este cauce presenta desbordamientos frecuentes, particularmente en temporadas de lluvias, que ponen en riesgo de inundación a la población cercana. Además, en el segmento comprendido entre Av. Ventura Puente y Calzada Juárez, se observan sobre la carpeta asfáltica agrietamientos semicirculares y pequeñas

depresiones posiblemente asociadas a la inestabilidad de los márgenes de dicho río. Así, el riesgo de inundación es potenciado por la probabilidad del desarrollo de un dique-deslizamiento. Este proyecto tiene como objetivo evaluar el peligro de la inestabilidad de taludes del río Chiquito mediante el monitoreo de la deformación del terreno, elaboración de la cartografía-inventario de PRM, e identificación de factores condicionantes y posibles detonantes. Los resultados permitirán proponer una zonificación del peligro y servirán como insumos estratégicos para la evaluación posterior del riesgo de inundaciones.

RN-27 CARTEL

ESTUDIO GEOFÍSICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UNA FALLA GEOLÓGICA ACTIVA EN EL SUBSUELO Y DETERMINACIÓN DE SUS PROBABLES RIESGOS

Torres Gaytan David Ernesto, Hinojosa Reyes Mariana,
Ramos Leal José Alfredo y Delgado Rodríguez Omar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
david.torres@ipicyt.edu.mx

El estudio geofísico se desarrolló con el fin de analizar el subsuelo y determinar posibles ramales de la Falla geológica activa "El Diamante" localizada en un fraccionamiento conocido, el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L.P. Específicamente, las técnicas geofísicas utilizadas para llevar a cabo este trabajo consistieron en Magnetometría Aérea, Perfilaje Electromagnético, Fotogrametría y Tomografía de Resistividad Eléctrica. Los objetivos son caracterizar con técnicas geológicas – geofísicas la falla geológica activa presente en los fraccionamientos que está afectando viviendas. Determinar el rumbo preferencial de la falla geológica y descartar zonas de riesgo potenciales (ramales de la falla principal), analizando el subsuelo con técnicas geológicas - geofísicas en áreas donde en un futuro cercano se realizarán construcciones de viviendas. El Valle de San Luis Potosí está estructuralmente formado por un sistema de fallas de fosas y pilares en el subsuelo. El basamento rocoso está compuesto por rocas volcánicas que se encuentran formando diferentes estructuras geológicas (fosas y pilares) que originan que las capas superiores conformadas por arenas, arcillas y limos varíen sus espesores. De acuerdo con el recorrido geológico, en las calles del Fraccionamiento se detectaron viviendas y calles agrietadas a causa de la falla geológica activa "El Diamante". Las características principales de estos tipos de fallas son los agrietamientos, asentamientos diferenciales que se manifiestan en rupturas de tuberías de agua y drenaje. Además en paredes agrietadas y calles con rupturas con una tendencia muy marcada. Derivado de este estudio geofísico – geológico se mapeo por completo la falla que atraviesa el área de estudio, denominado, Fraccionamientos. Los estudios geofísicos en general, no muestran ramificaciones de la falla. Sin embargo, se identificaron 2 posibles estructuras en las que es necesario poner atención y tomar las medidas necesarias para su uso. Con la técnica de Magnetometría Aérea se identificó que la falla El Diamante, de acuerdo con los datos magnéticos se extiende hasta 2800 m en una dirección N46.8°W antes de cambiar su rumbo. Con la técnica de Perfilaje Electromagnético se identificaron variaciones de resistividades. Áreas con resistividad alta se asociaron a zonas de relleno antropogénico y se marcaron como zonas de debilidad entre el alto y bajo resistivo, las cuales fueron analizadas con la técnica de Tomografía de Resistividad Eléctrica. Con la técnica de Tomografía de Resistividad Eléctrica la falla El Diamante, fue identificada con las tomografías que la cortaron, quedando ubicada dentro del graben. En sitios fuera de la falla se identificaron dos lineamientos que pueden corresponder a zonas de debilidad de otras estructuras. Finalmente, después de estos resultados, se identificó un mapa de zona de riesgos, en donde, la línea roja que tiene como centro el eje de la falla, la cual se denota como riesgo alto y delimita por 25 a 30 m para ambos lados el área de riesgo medio. En esta área no se recomienda realizar construcciones por los movimientos diferenciales existentes en la actualidad.

RN-28 CARTEL

APLICACIÓN DE INTERFEROMETRÍA RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (INSAR) EN LA EVALUACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL TERRENO EN LA CIUDAD DE MÉXICO DE 2014 A 2021

Ramos Organillo Francisco Javier, Morales Arredondo José
Iván, Ramírez Serrato Nelly Lucero y Herrera Zamarrón Graciela
Instituto de Geofísica, UNAM
ramos.francisco.javier93@comunidad.unam.mx

La Ciudad de México ha sufrido durante muchos años el fenómeno de subsidencia del terreno debido a que 24% de la ciudad se encuentra dentro de los límites del antiguo lago de Texcoco. Los materiales litológicos que conforman la zona lacustre son depósitos, principalmente arcillosos, de baja consolidación y por ello tienden a reacomodarse provocando el hundimiento del terreno, lo que ha provocado afectaciones visibles en edificaciones y en una deformación del suelo. La subsidencia de la ciudad no se presenta de forma homogénea pues hay regiones de la ciudad que presentan mayor asentamiento que otras, por ello es importante identificar las zonas con el mayor problema y evaluar los factores que promueven que se intensifiquen. Para obtener mejor información del fenómeno en toda la ciudad, la percepción remota es una herramienta muy útil que permite estudiar grandes extensiones de terreno, por ello, en este estudio, se ha utilizado la técnica de Interferometría Radar de Apertura Sintética, que permite comparar imágenes satelitales de radar de años diferentes y obtener la velocidad de desplazamiento

vertical que ha sufrido una región en un lapso de tiempo determinado. En este estudio se han utilizado imágenes Sentinel 1 que tienen disponibilidad desde el año 2014 al 2021 por lo que el objetivo principal es evaluar la velocidad vertical en este rango de tiempo, cuidando que la temporalidad de las imágenes abarque un año exactamente, utilizando imágenes tomadas en noviembre de cada año y compararlas entre sí. Los resultados fueron comparados con zonas que presentan fracturas por agrietamiento de arcillas y fallas tectónicas para asociar subsidencia con afectaciones visibles del terreno. Se obtuvieron mapas de desplazamiento vertical a partir de los datos InSAR los cuales fueron homologados para una sola escala considerando el máximo y mínimo de todo el rango de tiempo estudiado y así poder visualizar los cambios de desplazamiento vertical que se han dado en cada año estudiado, y de esta forma identificar zonas de peligro por subsidencia del terreno. Los resultados muestran que delegaciones como Iztapalapa, Benito Juárez, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac, Coyoacán, Iztacalco, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero, tienen un desplazamiento vertical negativo (asentamiento) mayor a 15 cm/año durante todo el período estudiado, y coincide con la zona lacustre del antiguo lago de Texcoco, estos resultados coinciden con trabajos previamente realizados. Además, las fracturas reportadas coinciden con zonas de transición entre una región que se asienta y otra que permanece sin deformación, siendo esta la evidencia de la afectación en el terreno debido al fenómeno de subsidencia.

RN-29 CARTEL

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD AL FENÓMENO DE SUBSIDENCIA EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES UTILIZANDO EL MÉTODO JERÁRQUICO DE VARIABLES

Luna-Villavicencio Hugo¹, Pacheco-Martínez Jesús¹, Reyes-Cedeño Isai Gerardo¹,
Hernández Marín Martín¹, Ochoa-González Gil Humberto² y López-Doncel Rubén Alfonso³

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

³Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

inghugolunavillavicencio@gmail.com

El fenómeno de subsidencia se ha presentado en diferentes Países, en México existen varias ciudades que presentan este fenómeno dentro de ellas se encuentra la ciudad de Aguascalientes. En Aguascalientes este fenómeno ha sido estudiado desde la década de 1980 cuando comenzaron los primeros estudios preliminares en el valle y se concluyó que el origen de este fenómeno es de carácter antrópico, producto de la sobre explotación del agua subterránea. El objetivo de esta investigación es conocer cuál es la variable principal en el proceso de subsidencia en la ciudad de Aguascalientes. La metodología utilizada fue el análisis jerárquico de variables. Las variables utilizadas fueron: pendiente del terreno, abatimiento del nivel freático y espesor de los materiales deformables. Para la calibración de los resultados se utilizó la deformación total obtenida mediante la técnica InSAR PSI (StaMPS). Los resultados obtenidos indican que la principal variable involucrada en el proceso de subsidencia es el espesor de estratos deformables; la segunda variable involucrada es el abatimiento del nivel freático y por último la pendiente del terreno. Estos resultados serán útiles para promover futuras investigaciones que permitan conocer en más zonas del Valle de Aguascalientes el espesor de los materiales deformables y entender mejor el proceso de hundimiento por subsidencia en regiones como el Valle de Aguascalientes.

RN-30 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MORFOHIDROLÓGICA DEL VOLCÁN CHICHÓN Y SU RESPUESTA A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Cruz Vázquez Omar¹ y Capra Lucia²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

omar.cruzv@geociencias.unam.mx

El relieve del volcán Chichón se encuentra en constante modificación debido a la presencia de lluvias intensas y eventos hidrometeorológicos extremos, un ejemplo de ello fue el paso del huracán Eta en 2020 con precipitaciones acumuladas en tres días que superaron los 500 mm, generando la ocurrencia de deslizamientos con afectaciones a varias comunidades en el área. Ante esta situación, es de vital importancia conocer la respuesta morfohidrológica de las subcuencas que integran el volcán, por ello se realiza una caracterización morfológica empleando un Modelo Digital de Elevación de alta resolución (2 m/pixel) y analizando diversos parámetros morfológicos (lineales, de área y de relieve) que permitan identificar el comportamiento y respuesta hidrológica de cada subcuenca. También, se realiza un análisis de precipitación acumulada considerando dos escenarios: 1) lluvias de temporal (mayo-noviembre), empleando datos de seis estaciones climatológicas (Pichualco, Tapiula, Solosuchiapa, Ocotepec, Tecpatán y Ostucacán) durante el período de 1987-2017; 2) eventos extremos, contemplando datos del huracán Eta (noviembre de 2020). Este análisis permite obtener la cantidad de lluvia que puede presentarse en periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años, información que es empleada para efectuar simulaciones de lluvia-escorrentía a través del código numérico de FLO2D, para la definición de las curvas de descarga de cada subcuenca y la estimación de la magnitud de los lahares que pudieran formarse. La información obtenida mediante este análisis no solo permite conocer la respuesta hidrológica del volcán, sino además provee elementos importantes que servirán de insumo para la construcción de un mapa de amenazas por lahares en el volcán Chichón.

RN-31 CARTEL

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES Y USO DEL MODELO HYSPLIT PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DEL ESPACIO AÉREO AFECTADAS POR CENIZA EN LA ZONA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Juárez Pérez Carolina¹, Jiménez Escalona José Carlos¹ y Poom Medina José Luis²

¹ESIME Ticomán, IPN

²Universidad de Sonora, UNISON

carolina.juarezp16@gmail.com

La presencia de ceniza volcánica en el espacio aéreo representa un alto riesgo para las operaciones de transporte aéreo en la región circundante a la fuente de una erupción. En casos como el volcán Popocatepetl este riesgo se vuelve frecuente debido al alto número de emisiones de baja y mediana intensidad de ceniza a la atmósfera (VEI 1 a 3). Desde principio de los años 80's se han utilizado las imágenes satelitales para la detección y el monitoreo de productos volcánicos. En el caso de las imágenes MODIS se tiene un registro histórico de la zona del volcán Popocatepetl desde el año 2000 a la fecha. Debido a su resolución espacial (1 km) y su resolución temporal de los dos sensores MODIS que se tienen en órbita (MODIS-TERRA y MODIS-AQUA) es posible obtener hasta 4 imágenes diarias de la zona de interés lo cual presenta una alta probabilidad de identificar una nube de ceniza volcánica en caso de una erupción. La VAAC de Washington reportó que durante el periodo de 2000 a 2021 se presentaron 1480 días con presencia de ceniza en la zona del volcán Popocatepetl de los cuales el 62% coincidieron con la obtención de una imagen MODIS donde se podría identificar. Estas imágenes de satélite fueron sometidas a un procesamiento digital mediante la técnica de "Split Window", la cual permite distinguir las nubes de ceniza por medio del valor de la diferencia de temperatura de brillo entre la banda 31 (11 μm) y la banda 32 (12 μm). Así mismo, se implementó el modelo de dispersión HYSPLIT para identificar la trayectoria de las nubes de ceniza volcánica observadas en las imágenes satelitales procesadas. Para usar el modelo, se utilizó la base de datos de REANALYSIS de la NOAA para generar las corridas. Con los resultados obtenidos se realizó una comparación con las imágenes de satélite procesadas con el objetivo de validar la implementación del modelo. Con los datos del modelo se llevó a cabo un análisis geoestadístico para identificar las zonas de alta probabilidad de ser afectadas por presencia de ceniza volcánica en el caso de una erupción del volcán Popocatepetl.

RN-32 CARTEL

FLUJOS DE ESCOMBROS POST-INCENDIOS: PROCESOS DE INICIACIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E IMPACTO DEL EVENTO DEL 2 DE JUNIO DE 2019 EN SAN GABRIEL, JALISCO

Cortés López Lizeth y Capra Lucia

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

cortes.wlp.9@gmail.com

El 2 de junio de 2019 en el municipio de San Gabriel, Jalisco, el desbordamiento del río Salsipuedes acompañado por el emplazamiento de flujos de escombros, provocó el fallecimiento de cinco personas, varios damnificados, y daños en bienes materiales y vialidad. Los flujos de escombros, con profundidades de más de 6 metros, bajaron por el canal que atraviesa el centro urbano, arrastrando gran cantidad de troncos que flotaban en su superficie. El evento ocurrió por lluvias intensas en la cuenca hidrológica que en semanas anteriores había sido afectada por incendios. En este estudio se presentan los resultados de un análisis espacio-temporal de uso de suelo en las 12 subcuencas que alimentan al río Salsipuedes y como la ocurrencia de los incendios han modificado la respuesta hidrogeológica acelerando procesos de erosión. En particular, en el periodo 2014-2022 los cambios de uso de suelo asociados a la deforestación para el aprovechamiento de terrenos para cultivos han ido en incremento. Los incendios forestales, además de destruir las raíces y provocar la caída de árboles, producen la acumulación de ceniza en los suelos, reduciendo la capacidad de infiltración, y promoviendo procesos de escorrentía superficial. Se realizaron simulaciones de lluvia-escurrimiento para cada subcuenca, observando como los cambios de uso de suelo han modificado los patrones de infiltración durante lluvias y han alterado las condiciones de estabilidad de los suelos volviéndolos susceptibles a ser erosionados, con cambios radicales después de los incendios. Como resultado se presenta un mapa de susceptibilidad a procesos erosivos con la identificación de las subcuencas mas propensas a generar flujos de escombros en caso de eventos hidrometeorológicos extremos. Finalmente, para la definición de escenarios de lluvia y su potencial en la formación de flujos de escombros con impacto hacia la población de San Gabriel, se definieron umbrales para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años. Se empleo el código FLO 2D para simular los diferentes niveles de precipitación obtenidos en el análisis de lluvia para la estimación de la magnitud de los flujos de escombros y su area de inundación. El progresivo cambio de uso de suelo, así como el incremento en la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos con la removilización de grandes volúmenes de material son motivos de estudio para conocer mejor su dinámica y así prevenir o mitigar los efectos a futuro.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizador
Isabel Israde Alcántara

SED-1

LA CANTERA FOSILÍFERA CRETÁCICA DE TLAYÚA, TEPEXI DE RODRÍGUEZ, PUEBLA, BORDE LITORAL Y PLATAFORMA MARINA DEL MAR DE THETYS, PARA LA MEGASUTURA DE FAJA NEOVOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio Dale
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanba@hotmail.com

La sucesión litoestratigráfica y evolución tectónica regional en Tepexi de Rodríguez, Puebla, comprende abundante paleobiota cretácica en la cantera de Tlayúa, consistente de tres miembros del Albiano. Su importancia radica en su gran fauna de aguas cálidas y someras, con unas 5000 variedades taxonómicas entre Familias, Géneros y Especies, de ambiente marino post arrecifal, con islas, playas y barras continentales, que incluyen reptiles y aves. Esas condiciones definen plataformas lagunares y bordes litorales del Mar de Thetys durante el Cretácico Medio, correlacionable con la Formación Morelos, Caliza Orizaba, Caliza arrecifal de Tentzo, Caliza Teposcolula entre otras formaciones arrecifales más. El referido litoral y plataformas arrecifales del Cretácico, del Mar de Thetys se extendía hasta el Mar Pacífico, a través de la costa de Tlaxiungo y Tehuizingo, Puebla, y hasta la Formación Zihuatanejo, Guerrero, que consta de dos miembros, el más antiguo con una edad de Albiano-Cenomaniano, descrito como Miembro Ixtapa compuesto de andesitas, calizas y calizas arcillosas, con desarrollos arrecifales a la cima y el Miembro La Unión representa un cambio lateral de la facies de Ixtapa, consistente de una alternancia de vulcano clástica, limolitas, areniscas, conglomerados calcáreos intercalados con calizas. El miembro inferior de la Formación Tlayúa, está representado por calizas micríticas con miliólidos, de masivas a gruesas de 20 a 50 cm, que exhibe intercalaciones arcillosas. El miembro Medio de 50 m de espesor, consiste de calizas micríticas laminadas hasta de 15 cm de color crema a rojiza, con intercalaciones arcillosas finas con escasa materia orgánica y lentes alargados de pedernal oscuro, depositada a poca profundidad oscilante, próxima a la playa. Contiene grietas o polígonos de disección, con costras de caliche, aportadas por el viento. La edad del Albiano queda establecida por amonites y belemnites. El miembro Superior, consiste en una sucesión erosionada de calizas micríticas, con capas de medias a gruesas de dolomía y calizas dolomíticas de color gris oscuro a claras, en microfacies con abundante miliólidos. La misma litoestratigrafía está representada a lo largo de la costa septentrional y meridional del Mar de Thetys, en contacto tectónico con las secuencias primigenias de la corteza, para constituir la geosutura de la Faja Neovolcánica Transmexicana. Esto es, con el Supergrupo Zihuatanejo (4150-2600 Ma), del Gran Rift tipo MORB, expuesto en la costa occidental de México. Asimismo, con las areniscas cuaríferas de ambiente litoral y de plataformas marinas del Gran Rift del Grupo Los Alisos, de más de 4 km de potencia, integran la cima del Supergrupo Guanajuato (4600-4150 Ma) aflorante en el área de Tehuizingo, Puebla y en la Meseta de Cuatralba de la Sierra de Guanajuato. A la anterior, suprayace el arco vulcano del Supergrupo Pápalo (3800-2600), compuesto de rocas komatíticas y peridotitas basales de greenstone belts, seguido de picritas, basaltos, andesitas, dacitas y riolitas hacia la cima, con más de 25 km de espesor, para constituir el Escudo Arqueano Mexicano.

SED-2

EVALUACIÓN DE LA CONEXIÓN DE SEDIMENTOS EN ZONAS CONSERVADAS Y PERTURBADAS EN EL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO (MÉXICO), MEDIANTE LUMINISCENCIA ÓPTICAMENTE ESTIMULADA

Gómez Víctor Manuel¹, Muñoz Esperanza¹, Castillo Miguel¹ y Franco Osvaldo²

¹Estación Regional del Noroeste, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM
vmgp.mg@gmail.com

Los estudios para determinar la erosión del suelo en zonas de alta montaña son de vital importancia para comprender sus causas y de esta forma contrarrestar sus efectos mediante estrategias adecuadas. En este trabajo se evalúa el transporte de sedimentos en dos barrancos de alta montaña conocidas como Amalacaxco (con actividades de manejo y conservación) y Altzomoni (sin intervención humana), localizadas dentro del perímetro del Parque Nacional Izta-Popo (centro de México),

el cual funge como figura de protección de ecosistemas considerados de alto valor ecológico (zacatonal alpino). Esta evaluación se realiza mediante Luminiscencia Ópticamente Estimulada (LOE) para medir la erosión y determinar los efectos de las estrategias de manejo a partir de las señales luminiscentes reportadas en las laderas de solana y umbría en las cabeceras de las barrancas. Fueron tomadas 240 muestras durante 2018 y 2019 para registrar la estacionalidad durante un año en transectos longitudinales a las laderas desde la cima del parteaguas hasta el fondo de los valles, con distancias de 25 a 30 pasos entre cada punto de muestreo. Primero, se cubrió cada punto con una manta opaca (para evitar la incidencia de luz solar), enseguida se retiró el material superficial (1-2 mm) para introducir un tubo de PVC (2X3cm) que se extrajo para cubrirlo inmediatamente con papel de aluminio. Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio "Geocron-Q" que forma parte del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) de la Estación Regional del Noroeste (ERNO) de la UNAM, en Hermosillo, Sonora, México. El procedimiento se realizó bajo luz roja y consistió en vaciar las muestras en una caja Petri (5 cm de diámetro y 2 cm de alto) la cual se insertó en un equipo para la estimulación luminica de granos minerales diseñado en el centro de investigaciones medioambientales de las universidades escocesas, en Reino Unido (Sanderson y Murphy, 2010), para estimular cada una de las muestras por 60 segundos con la longitud de onda del espectro electromagnético del infrarrojo y a continuación, por otros 60 segundos en la longitud del azul. Se utilizaron las señales luminicas (conteo total de fotones) de cada muestra para determinar el transporte de sedimentos al compararlos con la altitud, así como a identificar el origen del material erosionado a partir del material expuesto en cada fecha de muestreo al comparar las señales en azul con parámetros ambientales (temperatura, precipitación y radiación solar). Podemos concluir que la LOE es un método adecuado para analizar la erosión en barrancos de alta montaña ya que aportan datos robustos que ayudan a comprender los mecanismos de transporte de sedimentos. Además, se observó que los procesos de erosión en el zacatonal alpino en la cabecera de Amalacaxco son fomentados por las estrategias de manejo en lugar de prevenirlos, alterando la dinámica sedimentológica natural en este ecosistema de gran fragilidad. Donde se evidencia la urgente necesidad de optar por prácticas de manejo alternas que garanticen un manejo de los recursos naturales adecuado en barrancos de alta montaña en México.

SED-3

ÍNDICE DE METEORIZACIÓN QUÍMICA DE SEDIMENTOS DE ARROYO EN LA CUENCA DEL RÍO GUANAJUATO-LA PURÍSIMA, MÉXICO

Rueda Garzon Luisa Fernanda¹, Miranda-Avilés Raúl¹, Carrillo-Chávez Alejandro², Li Yanmei¹, Puy-Alquiza María Jesús¹ y Kshirsagar Pooja¹

¹Universidad de Guanajuato, UG

²Universidad Autónoma de México-CEGEO
lf.ruedagarzon@ugto.mx

El conocimiento del desempeño de los procesos naturales es importante para valorar el impacto que ha tenido la actividad humana en el territorio, en el caso de la meteorización química, el estudio geoquímico de muestras de sedimentos y el cálculo de diversos índices como el Índice de Alteración Química (CIA; Chemical Index of Alteration), el Índice de Alteración de la Plagioclasa (PIA, Plagioclase Index of Alteration) y el Índice de Meteorización de Parker (Weathering Index of Parker, WIP) ayudan a determinar cuantitativamente el desempeño de este proceso. La cuenca del río Guanajuato-La Purísima ha tenido actividad minera desde 1548; además forma parte de la recarga del acuífero Silao-Romita y del sistema de pozos Puenteillas, que abastecen a la población del sector. En este estudio, se evaluó la evolución geoquímica que sufren las muestras de sedimentos de arroyo (escenario actual) y terrazas fluviales (escenario pristino), mediante el análisis de diagramas ternarios A-CN-K y A-C-N. Estos sugieren que los sedimentos de arroyo presentan menor alteración química que los sedimentos de terrazas; las concentraciones de SiO₂, CaO y Na₂O se reducen considerablemente al aumentar el grado de meteorización, por el contrario, las concentraciones de Al₂O₃ y K₂O incrementan indicando formación de minerales secundarios. Estos resultados evidencian que la meteorización química actual es menor a la previa a la actividad antrópica, es decir que las actividades antropogénicas están alterando el ciclo natural de meteorización química en de la zona de estudio. Palabras clave: Meteorización química, Geoquímica, Guanajuato.

SED-4

ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN SALTO EN LA LOCALIDAD CERRO EL BARRIL, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Molina Macklitz Marco Antonio y Plata Hernández Elvia
 Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
 ma.molina@uabcs.mx

Una gran parte de las unidades sedimentarias en Baja California Sur (BCS) corresponde a rocas marinas del Terciario. Por otro lado, entre las pocas unidades de origen continental se encuentra la Formación Salto, la cual se distribuye en afloramientos discontinuos en el lado este de BCS, desde la región de Caldera La Reforma (al norte de Loreto) hasta La Paz. En el presente estudio se muestra la estratigrafía en la localidad cerro El Barril, en la región de La Paz, B.C.S., siendo los afloramientos más al sur de la Formación Salto. La sucesión de estratos estudiados en esta localidad tiene un espesor de 35 m y está sobreyada por rocas de la Formación Comondú. Se reconocieron 4 principales facies: F1) Arenisca bien seleccionada con estratificación cruzada planar de inclinación NE y superficies límite (bounding surfaces) de segundo y tercer orden. Lo anterior revela una sedimentación por el desplazamiento de dunas eólicas transversales. F2) Arenisca media, brechosa, de regular a bien seleccionada con pebbles angulosos de hasta 2 cm, con estratificación paralela; depositados por corrientes efímeras de bajo régimen. F3) Conglomerado arenoso polimictico, con clastos de hasta 10 cm de diámetro. La presencia de matriz arenosa poco estratificada, además del arreglo caótico de los clastos indica un depósito por flujos de escombros de moderada energía en arroyos trenzados. F4) Lodolita, formando capas y lentes de hasta 4 cm de espesor. La presencia de grietas de desecación, intraclastos lodosos y su alternancia con la F1 refleja su depósito en una zona intradunal. Hacia la parte superior de esta secuencia, el contenido de material volcánico aumenta en forma de lentes bentoníticos y material tobáceo, indicando un contacto transicional hacia areniscas y conglomerados volcanoclasticos de la Formación Comondú. El modelo de depósito para la Formación Salto en esta localidad implica un ambiente eólico de dunas con algunas zonas intradunales mas húmedas y con influencia de corrientes fluviales efímeras. A diferencia de otros afloramientos, en el cerro El Barril, no se exhiben capas de tobas ignimbríticas intercaladas dentro de la unidad. Fechamientos reportados por otros autores de un flujo riolítico de la Formación Comondú, y aflorante en la cima del cerro El Barril, además de tobas intercaladas en areniscas eólicas en otras localidades (isla San José, Valle Coyote), hace sugerir que la Formación Salto en el área de estudio tiene una edad entre 22 y 19 Ma, siendo más jóvenes que los afloramientos en regiones más al norte (Loreto, Timbáchichi).

SED-5

ESTRATIGRAFÍA DEL LÍMITE PLEISTOCENO-Holoceno EN EL SURESTE DE MEXICO: EVIDENCIAS DE UN EVENTO ABRUPTO EN EL YOUNGER DRYAS

Israde Alcántara Isabel¹, Domínguez-Vázquez Gabriela¹,
 González Silvia², Huddart David¹, Previtali Franco³ y West Allen¹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

²Liverpool John Moores University

³Universidad de Milan-Bicocca

isabel.israde@umich.mx

En numerosos sectores del sureste de México evidencias de un brusco cambio en la sedimentación se asocian a un aporte hídrico en un pulso repentino. Se observa una secuencia tripartita limoarcillosa cubierta por paleocanales, mostrando un pico en abundancias de microfósiles magnéticas constituidas por Fe, Ti, y C. Estas solo han sido observadas en un único nivel en la base de los paleocanales. Sobreyaciendo los paleocanales se forman paleosuelos. Las esférulas son producto de un impacto cósmico que ha sido registrado en el centro de México así como en distintos sitios a nivel interhemisférico. Todos los sitios muestran las mismas partículas depositadas entre 12,600 y 12,800 y BP. Los análisis geoquímicos de las esférulas evidencian que no son asociadas a factores antropogénicos o volcánicos. La amplia extensión del evento y su isocronía permiten constituirlo como un marcador estratigráfico para la cronozona del YD. La comparación de los registros paleoambientales a distintas latitudes detectan marcados cambios en las sucesiones lacustres, fluviales así como marinas, durante el Younger Dryas. Estas evidencias sugieren la necesidad de una revisión de la interpretaciones de esta variación que normalmente se han asociado a factores climáticos.

SED-6

PETROLOGÍA Y FACIES DE LA FORMACIÓN ZULOAGA, JURÁSICO TARDÍO, OXFORDIANO, EN EL NE DE MÉXICO

García Escobedo Bettsi Nadzieelly¹, Jenchen Uwe², Ramírez Fernández Juan Alonso³ y Pichardo Barrón Yolanda²

¹Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

bettsi.garciaescb@uanl.edu.mx

La Formación Zuloaga es testigo de la ingesión marina durante la apertura del Golfo de México. Su edad ha sido asignada como Oxfordiano-Kimmeridgiano con base

de pelecípodos y gasterópodos, además a partir de la superposición de amonites del Kimmeridgiano inferior y su relación lateral con la Formación La Gloria. Las edades también han sido comparadas con las reportadas para las formaciones Malone en Texas y Smackover de Arkansas. La Formación Zuloaga, ha sido descrita como una unidad constituida por un paquete de calizas de color gris oscuro, de estratificación mediana a gruesa con nódulos de pedernal situada en el noreste de México, en la Sierra Madre Oriental. En este trabajo se realizará petrología y facies de la Formación Zuloaga en diferentes localidades del estado de Nuevo León: el Potrero de García en el municipio de García, el cañón la Huasteca en Santa Catarina, el Cañón la Sandia en Santa Catarina, San Rafael en Galeana, La Primavera en Galeana y La Poza en Galeana. Fisiográficamente el área de estudio forma parte del frente tectónico de la Sierra Madre Oriental. El ambiente de depósito se infiere no solo un ambiente de depósito batial, sino también como un depósito cercano a la costa con escaso aporte de material terrígeno, en aguas someras o en las zonas neríticas como en las zonas de barrera.

SED-7

BIOESTRATIGRAFÍA EN LAS CUENCAS SAN JOSÉ DEL CABO Y LOS BARRILES, BAJA CALIFORNIA SUR: IMPLICACIONES PARA SU EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

Schwennicke Tobias, Plata Hernández Elvia, Esquivel Castillo Alondra
 Abigail, García Morales Valeria, Waide Michel Alain, Gómez Sánchez
 Diana Paola, Santisteban Mendivil Diana María y Cota Ramírez Daniel

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

tobias@uabcs.mx

Las cuencas San José del Cabo y Los Barriles, ubicadas en la porción meridional de la península de Baja California, forman parte de la Provincia Extensional del Golfo. La cuenca Los Barriles es un medio graben, limitado por el sistema de fallas Los Barriles en su margen oeste. En caso de la cuenca San José del Cabo, su estructura actual y expresada en superficie es de un medio graben, limitado en su lado oeste por la falla San José del Cabo. Sin embargo, datos geofísicos señalan que la subsidencia inicial se dio en el centro de la cuenca, generando diversas fallas y el máximo espesor del relleno sedimentario. La falla San José del Cabo es más joven que las fallas sepultadas en el centro de la cuenca y su activación cortó la porción sur de la cuenca Los Barriles, señalado por datos estructurales y geomorfológicos. El relleno de ambas cuencas se compone de varias formaciones estratigráficas de origen terrestre y marino. En los últimos años hemos realizado estudios bioestratigráficos con base en nanofósiles calcáreos en columnas estratigráficas detalladas de la Formación Trinidad en diversas localidades de ambas cuencas. Estos datos bioestratigráficos complementan investigaciones previas de microfósiles y otras con otros enfoques; en conjunto revelan relaciones estratigráficas complejas entre las formaciones marinas Trinidad y Refugio y además con las unidades de origen terrestre. En la Formación Trinidad hemos encontrado edades dentro de la nanozona NN11 (Tortonense tardío – Messiniense, Mioceno superior), en ninguna localidad se registra una edad mayor. Estas rocas señalan aguas relativamente profundas y por lo tanto una subsidencia rápida. Por otro lado, considerando la inclinación general de las capas, en la porción occidental de la cuenca San José del Cabo, la Formación Trinidad podría llegar a una edad de Plioceno temprano. En la cuenca Los Barriles, las edades encontradas son de NN11 solamente, que corresponde al periodo de mayor actividad de la falla Los Barriles. En suma, los datos bioestratigráficos no apoyan propuestas de otros autores de un fallamiento anterior al Mioceno tardío en ambas cuencas, a pesar de que la exhumación del basamento ígneo-metamórfico haya iniciado de antes. Es evidente que en ambas cuencas la subsidencia principal ocurrió durante el Mioceno tardío.

SED-8

ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN BATEQUE, BAJA CALIFORNIA SUR: AVANCES EN SU REDEFINICIÓN ESTRATIGRÁFICA

Plata Hernández Elvia¹, Schwennicke Tobias¹, Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto²,
 Jenchen Uwe³, Pérez Venzor José Antonio¹, Brabata Domínguez Georgina¹,
 Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús⁴ y Cortés Martínez Mara Yadira¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

⁴Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California

eplata@uabcs.mx

Durante el Cretácico y hasta el Paleoceno, el relleno de la cuenca de antearco de Vizcaíno indica una sedimentación influenciada por subsidencia en ambientes de aguas profundas batiales, alcanzando espesores mayores a los 1000m. Sin embargo, la parte más superior del relleno de la cuenca, representado por la Formación Bateque, refleja condiciones más someras durante el Eoceno. El presente trabajo muestra los resultados estratigráficos de esta formación, obtenidos mediante el levantamiento de cinco columnas estratigráficas en diferentes localidades. La columna a lo largo del arroyo Jesús María al Este de la laguna San Ignacio, es la de mayor espesor y es propuesta como estrato tipo de la Formación Bateque, ya que muestra una sucesión casi continua de estratos hasta su contacto superior con la unidad marina del Mioceno. Nuestro estudio estratigráfico permitió subdividir a la Formación Bateque en cuatro paquetes principales. Paquete 1, compuesto de limolitas calcáreas con abundantes concreciones calcáreas y moldes

de moluscos y equinodermos, además horizontes de coquinas conglomerádicas, siendo interpretados como depósitos de plataforma interna somera; El paquete 2, compuesto de lodolitas y limolitas bioturbadas que reflejan la transición de plataforma externa a interna. El Paquete 3 muestra capas de areniscas glauconíticas además de limolitas calcáreas, areniscas de muy buena selección y horizontes de conglomerados de pebbles redondos, reflejando un ambiente de plataforma interna hasta anteplaya. El paquete 4 varía de limolitas calcáreas ricas en moldes de bivalvos con alternancias de capas lodosas; en otras localidades este paquete muestra varios niveles de coquina ricas en moluscos, equinodermos, esponjas y corales que forman localmente biohermas de hasta 3 m de alto. Además y de manera puntual, en la columna de Mesa Salina afloran areniscas brechosas ricas en clastos piroclásticos, indicando la presencia de actividad volcánica durante el depósito. Lo anterior revela que durante la sedimentación en la parte superior de la cuenca se dieron eventos continuos de cambios relativos del nivel mar. La presencia de niveles glauconíticos refleja pausas en el aporte de sedimento seguidos por periodos transgresivos. Los nanofósiles son escasos, dificultando su uso para la precisión bioestratigráfica; sin embargo, datos preliminares de muestras analizadas apoyan la edad de Eoceno medio (*Discoaster distinctus*, *Discoaster nodifer*, *Chiasmolitus solitus*) reportada por autores anteriores. Los resultados mostrados en el presente trabajo contribuyen a su redefinición estratigráfica.

SED-9 CARTEL

EXTENSIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DEL GRUPO LOS ALISOS, DE LA CORTEZA PRIMIGENIA, EN LA MINA PROVIDENCIA, AL SUROESTE DEL GRABEN DE SAN FELIPE, GUANAJUATO

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio Dale
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazaba@hotmail.com

Importante extensión litoestratigráfica del Grupo Los Alisos basal, se identifica en la mina Providencia, distante 16 km al SW de San Felipe, Guanajuato, parte baja de la Sierra de Santa Barbara. Consiste en un crestón orientado NW-SE de 7 km por 3 km de ancho, afectado por un intrusivo de cuarzo monzonita, que emplaza vetas de oro y plata, en matriz de cuarzo y stockwork. Las vetas se orientan N42°W con echados entre 60° a 80° al SW, en grauvaca con facies de areniscas cuarzosas de playa bandeada y laminadas alternantes. Marginales a una sucesión vulcano-sedimentaria de arcillas y areniscas isoclinal y lagunar con vertiente al Gran Rift de la Faja Estructural Cananea del occidente de México. El crestón representa la parte superior del Supergrupo Guanajuato (4150-3900 Ma), con límite inferior con la corteza primigenia, consisten en paragneis cuaríferos de gran pureza y dureza, seguido de grauvacas y conglomerados, en su área tipo del Arroyo de San Juan de Otates, en la Meseta de Cuatralba. Representan una plataforma primigenia con vertiente al Gran Rift fallado de la Faja Estructural Cananea (FEC), con paragneis crema-gris, finamente laminados con más de 97% de cuarzo, cristobalita y tridimita en polimorfos interlaminados con arcillas de silicatos de aluminio. La sucesión de metareniscas cuaríferas varían de grano fino a grueso con estratificación delgada, laminar y cruzada de antiguos depósitos sedimentarios acumulados en las márgenes estables del cratón primitivo; presentan microplegues isoclinales cabalgantes de poca longitud, con metamorfismo de bajo grado, durante la tectónica oaxaqueña (1120 ±20 Ma). Interestratificadas al poniente con meta-andesitas brechadas, alteradas y foliadas con posibles estructuras almohadillada, cuya potencia en su conjunto excede los 4 km. Los fragmentos líticos de las metareniscas derivan de la erosión de peridotitas, gabros, basaltos, andesitas, granitoides y metagrauvacas. Las lluvias ácidas primigenias, disolvieron feldespatos, micas y ferromagnesianos para depositar tungsteno en los bordes fallados del rifting, sulfuros de Mo-Re-V-F-U-Tr, sedimentarios en lagunas marginales y extensos placeres de estaño en las planicies y valles fluviales montañosos. El Grupo Los Alisos producto de la erosión lluviosa primigenia, arrastró guijarros, gravas, arenas cuaríferas, ahora de gran dureza frágil. Su litología es análoga a las varves, representadas por capas sedimentarias, de un milímetro hasta del centímetro, estacionarias del verano lluvioso y de secas en fondos de lagos y arroyos de escasa pendiente, sin carbonatos. Su extensión superficial alcanza más de 55 km, desde su área tipo en la Meseta de Cuatralba, hasta la parte basal del pilar de la Sierra del Cubo, dentro de una tectónica germánica del Oligoceno, con fallas normales que definen al Graben de San Felipe, al norte de Guanajuato. Se concluye que el Proyecto Julio Verne será promisorio para identificar el contacto basal del Grupo Los Alisos de la corteza primigenia de la Tierra, con estudios geológico-mineras en la Sierra del Cubo, 20 Km al S45°E de San Felipe, bastante levantada debido a la subducción al poniente desde la trinchera Laramídica de Chicontepec.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizadores

Luis Antonio Domínguez
Raúl Castro Escamilla

SIS-1

CARACTERIZACIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN LA CARRETERA FEDERAL 1D, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, USANDO REGISTROS DE RUIDO SÍSMICO Y EL MÉTODO HVSR

Ávila-Barrientos Lenin¹, Yegres Herrera Luis Alejandro² y Flores-Estrella Hortencia³¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²CICESE³TU Berlin

lenavila@cicese.mx

Un deslizamiento es un fenómeno natural que puede causar daños severos, incluyendo pérdidas de vidas y cuantiosas pérdidas económicas. En la Carretera Federal 1D que comunica las ciudades de Tijuana y Ensenada en Baja California, México, se han presentado numerosos deslizamientos entre los km 90+000 y 98+300. El último deslizamiento se registró en el km 93+500 el 28 de diciembre de 2013, y causó el colapso de la vía dañando una longitud de ~300 m. La caracterización del subsuelo y de las condiciones locales en las zonas de deslizamientos, se ha realizado mediante distintos métodos geofísicos. En este estudio mostramos los resultados preliminares del uso de registros de ruido sísmico y el análisis mediante cocientes espectrales H/V (HVSR por sus siglas en inglés), para la caracterización del subsuelo en dos áreas de la Carretera Federal 1D donde han ocurrido deslizamientos: entre los km 94+500 y 95+000 y en el km 98+300. A partir de la inversión de las curvas obtenidas con el análisis HVSR, obtenemos modelos de velocidades de ondas P y S para cada zona. La velocidad de ondas P obtenida concuerda con la litología reportada por trabajos previos. La velocidad de ondas S en las capas más someras es menor a 500 m/s, por lo que el contraste de velocidades de las ondas S y P permite inferir: 1) la superficie de deslizamiento, y 2) el área donde está posiblemente activo, i.e. donde el riesgo de deslizamiento es mayor. Esta información define las zonas con mayor riesgo de deslizamiento de una forma eficiente, y puede ayudar a planear obras de prevención que eviten mayores daños.

SIS-2

VARIACIÓN TEMPORAL DEL PARÁMETRO DE DECAIMIENTO ESPECTRAL KAPPA

Castro Escamilla Raúl Ramón¹, Pacor Francesca², Spallarossa Daniele³, Colavitti Leonardo², Lanzano Giovanni², Vidales-Basurto Claudia⁴ y Sgobba Sara²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Milan, Italy³Università degli Studi di Genova, DISTAV, Genova, Italy⁴Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia

raul@cicese.mx

Investigamos la variación temporal del parámetro de decaimiento espectral $\#$ antes y después de dos sismos principales que ocurrieron en la región central de Italia: el sismo de Amatrice (M6.0) del 24 de agosto de 2016 y el de Norcia (M6.5) del 30 de octubre de 2016. Para este análisis usamos sismogramas de la red densa de estaciones del centro de Italia y sismos localizados a distancias hipocentrales $r < 80$ km, con magnitudes entre 3.4 y 6.5. La base de datos consiste en 393 eventos y 92 estaciones. Para ambas secuencias de sismos estimamos funciones de atenuación promedio $\# \#(r)$ que describen la dependencia de $\#$ con la distancia a lo largo de la trayectoria fuente-estación de la onda S, usando espectros de aceleración calculados con registros de premonitores, del evento principal y de las réplicas. Observamos un decaimiento en la atenuación regional aproximadamente dos meses después del sismo de Amatrice. Después de este periodo, cuando probablemente el ciclo sísmico terminó, $\# \#(r)$ tiende a regresar al nivel de atenuación observado durante la ocurrencia de los premonitores. $\# \#(r)$ calculada con los premonitores del sismo de Norcia es similar al calculado con los registros del evento principal de Amatrice. Sin embargo, $\# \#(r)$ disminuye durante el evento principal de Norcia y tiende a aumentar nuevamente durante las réplicas. También estimamos la variación espacial de $\#$ cerca de la fuente (K_s) y observamos que cerca del epicentro del sismo principal de Amatrice los valores de K_s son más bajos que los obtenidos con las réplicas localizadas al norte del evento principal. Esto sugiere la presencia de flujo de fluidos en las rocas de la corteza. Del análisis de estas dos secuencias de

sismos que ocurrieron en un corto intervalo de tiempo en la región central de Italia, concluimos que la variación temporal de $\# \#(r)$ puede ser un indicador valioso para monitorear el ciclo sísmico.

SIS-3

ESTUDIO DE ATENUACIÓN SÍSMICA EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Torres Sánchez Elsy Marleth¹ y Castro Escamilla Raúl Ramón²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²CICESE

raul@cicese.mx

Para conocer los mecanismos físicos que afectan la atenuación de las ondas sísmicas en la zona norte del Golfo de California, se determinó el factor de calidad Q de las ondas de cuerpo con sismogramas de la Red Sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) operada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE). La base de datos consiste de 64 sismos con magnitud de momento que varía entre 4.5 y 6.6, y con distancia hipocentral en el intervalo de 30 km a 350 km. Se determinaron funciones de atenuación con un modelo no paramétrico que consiste en invertir las amplitudes espectrales observadas de 25 frecuencias comprendidas entre 0.1 Hz y 25.12 Hz con un espaciado logarítmico. Para estimar Q_p y Q_s se definieron tres funciones de dispersión geométrica: una dependiente de la frecuencia, $G(r)_1$ y dos independientes de la frecuencia, $G(r)_2$ y $G(r)_3$; donde $G(r)_2$ es $1/r$ para $r \# 100$ km y $1/\#100r$ para $r > 100$ km, mientras que $G(r)_3 = 1/r$ para todo el rango de distancia. Encontramos que las estimaciones de Q dependen de manera importante de la función de dispersión geométrica que se adopte. Las estimaciones de Q obtenidas en un rango de distancia hipocentral de 30 km a 350 km, usando una función de dispersión geométrica dependiente de la frecuencia, $G(r)_1$, indican que la atenuación de las ondas P es mayor ($Q_p = 224.55f^{1.10}$) que la de las ondas S ($Q_s = 244.72f^{1.17}$). Análogamente, usando la función de dispersión geométrica $G(r)_2$, la atenuación de las ondas P es mayor ($Q_p = 146.57f^{0.70}$) que la atenuación de las ondas S ($Q_s = 170.72f^{1.01}$). Similarmente, las estimaciones de Q tomando como referencia $G(r)_3$ también indican que la atenuación de las ondas P es mayor ($Q_p = 179.32f^{0.60}$) que la de las ondas S ($Q_s = 233.61f^{1.03}$). En general los valores de Q_p y Q_s son altos ($Q > 100$) lo que sugiere que la región norte del Golfo de California, la cual se considera consiste en una corteza continental, posiblemente contiene rocas con bajo contenido en fluidos y que la alta presión presente en la zona pudiera generar una disminución de la atenuación por el cierre de los poros en la roca. Además, el cociente $Q_s \# Q_p$ da indicios de rocas con poco contenido de fluidos.

SIS-4

TOMOGRFIA DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL PARA EL ORIENTE DE MÉXICO

Ricardez Puente Luis Fernando y Iglesias Arturo

Instituto de Geofísica, UNAM

luisfrpuente@gmail.com

En el presente trabajo se presenta un estudio tomográfico de ondas de superficiales de Rayleigh en la zona oriental de México. Se han realizado varios estudios tomográficos regionales en México (referencias), en los cuales se observan las estructuras geológicas principales como la Faja Volcánica Trans Mexicana (FVTM), La Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Norte y el Campo Volcánico de Los Tuxtlas. Las correlaciones de fase de Schimmel (2011), permiten obtener una mejor resolución de funciones de Green utilizando el ruido sísmico, lo que permite una mejora a la hora de identificar los arribos de la onda de Rayleigh. Se obtienen trayectorias de estaciones asincrónicas (no desplegadas durante el mismo periodo de tiempo) analizando a fondo los métodos C3 y C2. Utilizando simulaciones numéricas se muestra Se realizan para la obtención de funciones de Green y se implementa una metodología para obtenerlas. Se realiza la inversión tomográfica para obtener un modelo de velocidades de ondas de Rayleigh a distintos periodos en el oriente de México. Los resultados muestran las estructuras encontradas en resultados anteriores además de una posible estructura no identificada anteriormente. Esta estructura se encuentra con forma de franja se encuentra presente en periodos de 25 a 30 s en su mayoría. Se ubica desde Salina Cruz, Oaxaca, hasta Puebla, Puebla aproximadamente. Además de ser identificada mediante métodos tomográficos, se utiliza otra técnica que consiste en utilizar curvas de dispersión de trayectorias

entre DHIG y varias estaciones que atraviesan la anomalía en cuestión. Existe una correlación entre la ubicación de los sismos con la anomalía en cuestión lo que hace todavía más creíble su existencia y abre paso a su futuro análisis.

SIS-5

OBSERVATIONS OF EARTHQUAKES AND TREMOR DYNAMICALLY TRIGGERED IN THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE

González Huizar Héctor¹, Miyazawa Masatoshi², Husker Allen³, Castro Escamilla Raúl Ramón¹ y Velasco Aaron¹

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

²Kyoto University

³California Institute of Technology

⁴University of Texas at El Paso

hgonzalez@cicese.mx

In this study, we present the results of an intense search for tremor and earthquakes along the Middle American Trench triggered by the seismic waves from distant earthquakes. This is one of the most seismically active regions worldwide, where large magnitude earthquakes frequently occur and silence earthquakes have been observed. We focus our search, for triggered earthquakes and tremor, along the rupture zones of the two largest instrumentally recorded earthquakes in Mexican history: The 1932, M8.2 Jalisco earthquake, and the 2017, M8.2 Tehuantepec earthquake. Investigating dynamically triggered events can help us to gain a better understanding of the stress conditions of the places where these occur.

SIS-6

INVERSIÓN DE FUNCIONES DE RECEPTOR PARA ESTUDIAR LA ESTRUCTURA SÍSMICA DEL CENTRO-SUR DE MÉXICO

Rodríguez-Domínguez Miguel¹ y Pérez-Campos Xyoli²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

miguel561a@gmail.com

La variabilidad geológica y tectónica del centro-sur de México refleja un pasado complejo que ha configurado sus rasgos tectonoestratigráficos actuales. Las variaciones del espesor cortical, así como el de las capas intermedias, suele correlacionarse con estructuras geológicas. Además de este enfoque geométrico, las propiedades elásticas de una capa nos pueden dar una idea del pasado, o del presente, tectónico al establecer relaciones entre, por ejemplo, la dirección y contribución de anisotropía y la sismicidad, o los estados de esfuerzos en una región. En este trabajo se analizaron las funciones de receptor (FR) de 179 estaciones sismológicas. El proceso consistió en una inversión en tres pasos: 1) primero, se invierten las formas de onda para estimar el espesor, la inclinación y la relación de velocidades $V_P/V_S = \#$, para una capa promedio; 2) el segundo paso consiste en, a partir del modelo previamente estimado, invertir las formas de onda para los mismos parámetros, pero para un modelo de tres capas; 3) el último paso consiste en invertir las FR radiales y transversales para estimar el contenido de anisotropía y su dirección en las dos capas inferiores que conforman el modelo. Se identificaron diferencias entre la región central del centro-sur de México, donde se observaron espesores mayores, y la región de la costa del océano Pacífico y la zona hacia el Golfo de México, en la cuenca de Veracruz, en donde los espesores son menores. Así mismo, se observaron espesores mayores por debajo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). El contenido de anisotropía y sus direcciones presentan una dispersión importante en la región de estudio; sin embargo, en algunas zonas, como en la costa del Pacífico, es posible identificar direcciones perpendiculares, del eje rápido de anisotropía, con la dirección de subducción de la placa de Cocos. Las direcciones promedio de anisotropía para la capa intermedia (corteza superior) muestran una alineación con la dirección promedio de las fracturas y fallas de la región. Por otra parte, en la región central del área de estudio, las direcciones de anisotropía de la corteza inferior muestran paralelismo con la dirección del echado en la base de esta capa. Además, se estimó la anisotropía remanente por debajo de la base de la corteza, realizando la resta algebraica de los parámetros de anisotropía, estimados en este proyecto, de las estimaciones calculadas previamente en otros estudios con onda SKS. Los resultados de la anisotropía remanente realzan que, en la región central, las direcciones de anisotropía son más perpendiculares a la dirección de convergencia de la placa de Cocos y en la región este del centro-sur, cercano al perfil VEOX, se observa un cambio en la dirección del eje rápido de anisotropía, región en donde otros autores han propuesto que existe una ruptura en la placa de Cocos.

SIS-7

CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LA INVERSIÓN DE SISMOS LENTOS

Valverde Isaac¹ y Tago Pacheco Josué²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

izak_96@hotmail.com

La deformación de la superficie medida por datos geodésicos es la observación más directa del deslizamiento a lo largo de las fallas en profundidad. Asumiendo que se conoce la geometría de la falla y después de haberla discretizado, los desplazamientos están linealmente relacionadas con las componentes del deslizamiento de cada subfalla. A pesar de esto, debido a la pobre distribución de los datos, la recuperación del deslizamiento es un problema mal planteado. Por lo tanto, es indispensable poder evaluar la incertidumbre para cuantificar la confianza del modelo inferido a partir de las observaciones. Lamentablemente, bajo el marco teórico de la optimización numérica no existe una forma directa de cuantificar la incertidumbre en la inversión. Para subsanar esta deficiencia, se han propuesto diversos métodos cada uno con sus propios inconvenientes y dificultades. La propuesta que se utiliza en este trabajo se plantea desde un marco bayesiano, en el cual no se busca obtener un modelo único, sino una distribución de probabilidad cuyo soporte es proporcional a la incertidumbre de la inversión. Tradicionalmente, se utilizan cadenas de Markov-Montecarlo para muestrear dicha distribución de probabilidad. Sin embargo, en este trabajo proponemos adaptar la metodología semianálítica de Nocquet (2018) que reduce significativamente el costo computacional. La metodología desarrollada será utilizada para estimar la incertidumbre en los modelos de deslizamiento obtenidos en la costa del Pacífico mexicano como parte del proyecto binacional SATREPS entre México y Japón que terminó este año.

SIS-8

DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURAS DE VELOCIDADES Y FRECUENCIAS FUNDAMENTALES A PARTIR DEL REGISTRO DE MICROTREMORES EN LA CIUDAD DE MONTERREY, N. L.

Montalvo Arrieta Juan Carlos¹, Ramos-Zuriña Luis Gerardo¹, Salinas Jasso Jorge Alán¹, Pérez-Campos Xyoli² y Gómez-González Juan Martín³

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

jmONTALVOA87@gmail.com

Presentamos los resultados de la estimación de la respuesta sísmica de sitio para la zona centro de la ciudad de Monterrey a partir del registro de microtremores. Las mediciones se tomaron en 75 sitios con separaciones de 200 m, en los cuales se realizaron 20 minutos de registro en un acelerógrafo triaxial. Mediante los cocientes espectrales H/V identificamos dos bandas, una en las bajas frecuencias (3.0 # f0 # 5.4 Hz) y otra en f0 superiores a 5.5 (Hz), con amplitudes entre 1.0 # H/V # 8.0. La inversión de las curvas de elipticidad de los cocientes H/V de cada sitio, permitió estimar las estructuras de velocidad. La profundidad al basamento geotécnico varía de 9 a 25 m y corresponde con lutitas de la Fm. Méndez. Las estructuras de velocidades de cada sitio sugieren la existencia de 3 capas y un semiespacio, las cuales guardan una buena correlación con los espesores y profundidades similares a los pozos geotécnicos. En algunos sitios se modeló la propagación unidimensional a partir del registro del sismo 28/04/2021 (Md 4.2) en la estación MNIG. Los acelerogramas modelados evidencian el efecto de sitio, con una contribución importante en las altas frecuencias, efecto característico identificado en sismos locales. La comparación del espectro de diseño transparente para roca y con efecto de sitio muestra que las ordenadas espectrales se incrementan de 0.12 a 0.6 s. De igual forma la aceleración de referencia en roca paso de 44.98 cm/s² a 134.94 cm/s². La evidencia de efectos de sitio en el valle de Monterrey sugiere la necesidad de actualizar el espectro de diseño que tradicionalmente se utiliza en el diseño de estructuras, para la segunda área metropolitana del país.

SIS-9

REPRESENTACIÓN PARAMÉTRICA BASADA EN CÓPULAS PARA SISMOS DE SUBDUCCIÓN EN LA COSTA DE GUERRERO

Ramírez Isaías y Christen Andrés

Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT

isaias@ciencias.unam.mx

En este trabajo se presenta una modelación de sismos basada en el espectrograma, que es consistente con el espectro de respuesta y que permite realizar simulaciones del acelerograma en cada canal. La intención de usar el espectrograma es poder describir el sismo en términos de frecuencia y tiempo simultáneamente, de esta manera evitamos el supuesto simplificador de trabajar al proceso como homogéneo en el tiempo. El espectrograma puede ser usado para estimar la densidad de potencia espectral evolutiva (evolutionary power spectral density function, ePSDF), la cual es una función no negativa e integrable; es por ello que una vez normalizada la

ePSDF puede ser aproximada con una función de densidad de probabilidad. De esta forma podemos modelar fácilmente la liberación de energía en tiempo y frecuencia, mientras que para recuperar la relación conjunta nos basamos en la teoría de cópulas. La modelación que hemos realizado es compatible con leyes de atenuación para la amplitud de espectro y envolventes para las ondas sísmicas, por lo cual puede ser fácilmente extendida para el análisis de riesgo sísmico.

SIS-10

CÁLCULO DE MAPAS DE INTENSIDADES EN BASE A ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, PARA LA ZONA CONURBADA XALAPA (ZCX), VERACRUZ, MÉXICO

Torres Morales Gilbert Francisco¹, Hernández Salazar Marco Vinicio², Castillo Aguilar Saúl³, Fox Rivera Guillermo³, Alvarez Lima Rene³ y Dávalos Sotelo Raymundo⁴

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

²Ingeniería Aplicada, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana

³Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana

⁴Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz

gitorres@uv.mx

Los efectos de los sismos en México han provocado grandes desastres, que vienen acompañados de pérdidas económicas y humanas; en el Estado de Veracruz a lo largo de su historia se han manifestado daños importantes debido a sismos de gran intensidad. Cabe recordar que el Estado ocupa el segundo y tercer lugar en número de víctimas mortales a nivel nacional, con los sismos de Xalapa de 1920 y el de Orizaba de 1973, sólo después del sismo de la Ciudad de México de 1985. El objetivo de este estudio fue crear mapas de intensidad sísmica en términos de aceleraciones máximas para la zona conurbada de Xalapa, Veracruz, utilizando los resultados de los estudios de vibración ambiental que se tienen en la zona. Se aprovecharon los registros sísmicos obtenidos de la red de monitoreo sísmico no permanente de la Universidad Veracruzana en la zona de Xalapa y los resultados del análisis de vibración ambiental obtenidos para más de 500 puntos de vibración tomados en la microzonificación sísmica de la zona conurbada. Se propuso una metodología de propagación unidimensional de la señal de los sismos registrados en las estaciones de monitoreo sísmico de la zona conurbada, desde la roca hasta la superficie utilizando un operador de convolución, relacionado con la función de transferencia empírica obtenida a partir del ruido sísmico. Este estudio utilizó registros de aceleración de diversas estaciones, dentro del catálogo de sismos de la red de monitoreo sísmico, tanto para validar la metodología como para generar los escenarios sísmicos de cada uno de los sismos en estudio. Los mapas fueron creados para terremotos de diversas magnitudes y fuentes sísmogénicas, para obtener mapas de amplificación máximas del terreno en la zona conurbada, y así establecer zonas de mayor aceleración del terreno y por ende de mayor peligro; se aplicará la metodología mencionada para obtener mapas de las aceleraciones máximas de una manera práctica y eficiente, los cuales se mostrarán en sitios de internet y redes sociales, que servirán para delimitar las zonas con mayor peligro, con los cuales la población y los tomadores de decisiones, como protección civil, podrán tomar acciones inmediatas después de la ocurrencia de un sismo y hacia dónde dirigir la ayuda después del terremoto, además de implementar programas para disminuir la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de estas zonas de la conurbación.

SIS-11

IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE SQLX Y DESARROLLO DEL SOFTWARE SIOS EN EL SSN

Rodríguez Rasilla Iván y Hurtado Díaz Alejandro

Servicio Sismológico Nacional

ivan@sismologico.unam.mx

SQLX es una herramienta de análisis para el control de calidad e investigación para datos sísmicos, utilizada también para el monitoreo de las redes sísmológicas en donde se puede identificar problemas relacionados con la operación de los instrumentos debido a efectos de sitio y comunicaciones. Operacionalmente, es útil para caracterizar el rendimiento actual y pasado de las estaciones de banda ancha existentes, para realizar pruebas sobre posibles ubicaciones de nuevas estaciones sísmicas, para evaluar los niveles de ruido de referencia de las estaciones (McNamara y otros, 2009), para detectar problemas con el sistema de registro o los sensores, y para evaluar la calidad general de los datos y metadatos. El Sistema de información de Observatorios Sísmicos (SIOS) es una herramienta de software que permite registrar, almacenar, consultar y presentar información a través de una interfaz web que organiza y clasifica el equipamiento por energía, comunicaciones, sensores y procesadores de cada uno de los Observatorios Sísmicos (OS). Además es utilizado para la presentación de reportes que reúne diferentes características, no solo de equipamiento, sino que también de propiedades que describen a un OS, como localización, fotografías, situación jurídica del terreno, tipo de comunicación entre otras. De esta manera, el SSN cuenta con esta herramienta de software para administrar y controlar el inventario y estatus de cada uno de los OS.

SIS-12

A SOURCE AND GROUND MOTION STUDY OF THE VERACRUZ EARTHQUAKE OF 4 AUGUST 2021 (MW4.8)

Singh Shri Krishna¹, Iglesias Arturo¹, Pérez-Campos Xyoli¹, Vargas Alejandro² y Córdoba Montiel Francisco³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

³Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

krishnamex@yahoo.com

We study a moderate earthquake (Mw4.8) which occurred on 4 August 2021 about 20 km offshore to the east of the city of Veracruz. The event was strongly felt in the city. It was recorded by 8 accelerographs or seismographs within an epicentral distance of 100 km and by the broadband network of the National Seismological Service (SSN) at regional distances. W-phase regional centroid moment tensor inversion shows that it was a reverse-faulting earthquake. The focal mechanism is similar to those of other significant earthquakes in the southwestern Gulf of Mexico, further supporting a mid- and lower-crust that is in compressive stress regime. We take advantage of the unusually large number of local and regional recordings from this earthquake and those produced by the nearby Alvarado earthquake of 29 October 2009 (Mw5.7) to study the characteristics of the ground motion. Source spectra constructed at each station separately, assuming a reasonable geometrical spreading and $Q = 141f^{0.63}$, show remarkably high variability due to path and local site effects. The median source spectrum (still contaminated by path and site effects) may be modeled by an # 2 -Brune source with stress drop of 400 bar. This source spectrum, along with the application of random vibration theory, yields peak ground acceleration (PGA) and velocity (PGV) as a function of distance in agreement with the observations. Using the recordings of the 2021 event in the city of Veracruz as empirical Green's function, we simulate ground motions from a postulated M w 6.5 earthquake. Under reasonable assumptions, the expected PGA and PGV are 120-260 gal and 12-28 cm/s, respectively.

SIS-13

CAMBIOS DE VELOCIDAD SÍSMICA EN EL DOMO DE SAN PEDRO (NAYARIT) A PARTIR DE 10 MESES DE INTERFEROMETRÍA DE RUIDO SÍSMICO

Muñoz Burbano Francisco Javier¹, Calò Marco², Lupi Matteo¹ y Reyes-Orozco Violeta³

¹Université de Genève, UNIGE

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Grupo Dragón

francisco.munozburbano@unige.ch

El Domo de San Pedro (DSP) es parte de un complejo volcánico silícico localizado en la parte más occidental del cinturón volcánico transmexicano, producto de la subducción de las placas de Rivera y Cocos bajo la placa Norteamericana. El DSP data entre 27 ± 7 y 55 ± 8 Ka, posee un volumen sub-aéreo estimado en 4.5 km^3 y está emplazado en una cuenca extensional dominada por volcanismo sódico-alcálico y calco-alcálico desde el Mioceno tardío. El potencial geotérmico del DSP ha sido estudiado desde 1980 y es aprovechado desde 2015 gracias a estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos que dieron lugar a la instalación de una planta geotérmica que produce 35 MW. Los mismos estudios sugieren la presencia de un sistema hidrotermal de alta entalpía cuya fuente de calor es de origen plutónico y la fuente de agua es principalmente de origen meteórico. La migración de fluidos está controlada por el sistema regional de fallas Compostela-Pedernales orientado en dirección NW-SE y por sistemas de fallas locales orientados N-S y NE-SW. En el año 2021 un esfuerzo conjunto entre la universidad de Ginebra, la UNAM y la empresa Grupo dragón, permitió instalar una red sísmológica temporal de banda ancha compuesta por 20 estaciones en los alrededores del DSP. El tiempo de registro continuo de la red temporal fue de 10 meses, con el fin de monitorear la actividad sísmica de la región y estudiar la posible respuesta sísmica a la operación de los pozos geotérmicos. Este estudio dio lugar a la compilación de un catálogo de 250 eventos sísmicos del DSP y permitió analizar los cambios temporales de velocidad sísmica. Se usó interferometría de ruido sísmico implementando la correlación cruzada entre pares de estaciones para reconstruir la función de Green y analizar los cambios de velocidad de la coda. Estos cambios de velocidad normalmente están asociados con cambios en el régimen de esfuerzo efectivo bajo el sistema volcánico. Se presenta el análisis de cambios de velocidad co-sísmicos con la ocurrencia tres episodios sísmicos identificados durante el tiempo de estudio, donde los cambios de velocidades varían hasta en un 0.02% con respecto al nivel de referencia. Otros cambios de velocidad fueron observados localmente en estaciones dentro del campo geotérmico y se correlacionan con la variación de re-inyección de fluidos en el sistema a diferentes presiones.

SIS-14

LA RED SÍSMICA DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS NUEVA INFRAESTRUCTURA PARA ESTUDIOS LOCALES Y REGIONALES DE SISMICIDAD

Gómez González Juan Martín, Capra Lucía y Márquez Ramírez Víctor Hugo

Centro de Geociencias, UNAM

gomez@geociencias.unam.mx

Presentamos la red sísmica de Querétaro, nueva infraestructura para mejorar el monitoreo de sismicidad local y regional, en el centro de México, de manera constante y sistemática. Esta red sísmica permanente está compuesta por 10 estaciones, cuatro de banda ancha, dos de periodo intermedio y cuatro de periodo corto. Las estaciones están conectadas por internet y transmitiendo en tiempo real hacia el Centro de Geociencias. Simultáneamente desarrollamos una red acelerográfica, se han instalado aproximadamente 20 equipos en la capital y en algunos municipios vecinos. El objetivo es contar con una red de alta sensibilidad, para lo cual su densidad y uniformidad se incrementará en los próximos años. El desarrollo de ambas redes permitirá localizar los hipocentros y elaborar catálogos de sismicidad, así como comprender su comportamiento espacio-temporal, analizar la propagación de ondas, estimar los peligros de los terremotos y sus impactos en el entorno físico, económico, político y social. La uniformidad de los hipocentros proporcionada por las localizaciones epicentrales de alta calidad proporcionará la interpretación tectónica y la generación de productos derivados. También existe una clara necesidad de tensores de momento y sus respectivos mecanismos focales, en tiempo cuasi-real, los cuales son esenciales para la descripción paramétrica de los terremotos. La fusión de la red sísmica permanente y la red de movimiento fuerte permitirá detectar movimientos del terreno generado por sismos grandes y pequeños. La disponibilidad de datos sísmicos digitales de alta calidad, y la tecnología moderna de almacenamiento, hará posible trabajar con grandes conjuntos de datos y procesar más rápido muchas formas de onda. El siguiente paso será mejorar los algoritmos de procesamiento, la automatización y la calidad de los hipocentros, magnitudes y tensores de momento. La nueva infraestructura en el centro de México también mejorará la cobertura de la red nacional, sistematizar el registro de la historia sísmica regional y estimar y reducir el riesgo sísmico en esta región de México, información de gran ayuda para las autoridades de Protección Civil en su actualización del Atlas de Riesgo Estatal.

SIS-15

SISMICIDAD EN EL BORDE SUR DE LA PLACA DE RIVERA

Núñez Cornú Francisco Javier¹ y Núñez Diana²¹Universidad de Guadalajara, UdeG²Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, España

fcornu@cuc.udg.mx

Para estudiar las características sísmicas de los bordes tectónicos de las Placas de Rivera, Pacífico, Cocos y América del Norte, llevamos a cabo el Proyecto Tsujal, un proyecto de sísmica pasiva de fondo marino realizado de abril a noviembre de 2016. Además de la Red Sísmica de Jalisco, diez Los sismómetros (OBS) fueron desplegados por el BO El Puma en una matriz de fondo marino desde el archipiélago de las Islas Marias (Nayarit) hasta el contacto costa afuera entre los estados de Colima y Michoacán. Localizamos 445 terremotos en cuatro o más OBS dentro del conjunto desplegado. La mayoría de estos sismos ocurrieron en la región de contacto de las placas Rivera, Pacífico y Cocos, y un primer análisis sugiere la existencia de tres zonas sísmogénicas (Oeste, Centro y Este) a lo largo de la falla transformante Rivera que se pueden correlacionar con su morfología. expresión a lo largo de las tres zonas sísmogénicas. La sismicidad estima que la discontinuidad de Moho se encuentra a 10 km de profundidad y respalda trabajos anteriores sobre la distribución de terremotos en la zona oeste. La sismicidad subcortical en la zona central sugiere que el dominio de la cuenca de expansión intratransformante es una cresta de expansión ultra-lenta. Un enjambre sísmico ocurrió durante mayo y junio de 2016 entre el extremo este de la falla Transformada Paleo-Rivera y el extremo norte del segmento Cocos-Pacífico del East Pacific Rise, iluminando una característica tectónica no identificada.

SIS-16

OPTIMIZACIÓN DE REDES DE MONITOREO SÍSMICO APLICADO A CAMPOS GEOTÉRMICOS - CASO DE ESTUDIO: CALDERA DE ACOCULCO, MÉXICO

Esquivel-Mendiola Leonarda L.¹, Caló Marco², Tramelli Anna³ y Figueroa Soto Ángel⁴¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli, Osservatorio Vesuviano⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

leoesquivel@igeofisica.unam.mx

La producción de un campo geotérmico puede estar acompañada por sismicidad natural e inducida. Por ello, la instalación apropiada de una red de monitoreo sísmico, capaz de detectar y ser útil en la localización de sismos de pequeña magnitud, es de gran interés en el desarrollo del campo, especialmente, en el monitoreo de la actividad sísmica relacionada en la inyección o producción. En este trabajo, proponemos una mejora del algoritmo D-OPTIMAL desarrollado por Tramelli et al.

(2013). En esta versión, introducimos la posibilidad de incorporar información a priori como: 1) modelos de velocidades 3D, 2) niveles de ruido sísmico, 3) gradiente topográfico y 4) valores de H/V. Los últimos tres parámetros son incorporados en la selección de la posición de estaciones utilizando un esquema de ponderación y así favorecer criterios preestablecidos que incrementen el poder de resolución de la red de monitoreo. Esta metodología es aplicada en el campo geotérmico de Acoculco (México) donde una inyección en un pozo fue planeada y ejecutada en 2021. La comparación de la red de estaciones obtenida utilizando la aproximación convencional, la cual considera un modelo de velocidades 1D y costos de instalación, y esta versión mejorada demuestra la importancia de introducir información a priori en la selección de la posición de estaciones de la red de monitoreo.

SIS-17

DID RUPTURE DIRECTIVITY TOWARDS MEXICO CITY DURING THE 28 JULY 1957 MS7.5 EARTHQUAKE CAUSE THE FALL OF THE ANGEL FROM THE INDEPENDENCE MONUMENT?

Arroyo Danny¹, Singh Shri Krishna², Ordaz Mario²,
Terán-Gilmore Amador¹ y Tapia-Hernández Edgar¹¹Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

aresda@azc.uam.mx

Mexico City is frequently struck by large subduction thrust earthquakes. The deadly 1985 Michoacán Mw8.0 devastated the city and produced the largest damage and human losses, so far. Other recent earthquakes have also damaged the city. For example, the 28 July 1957 Ms7.5 Acapulco-San Marcos earthquake produced extensive building collapses and victims, and knocked down the "Angel" from the top of the Independence Monument; the 1979 Mw 7.4 Petatlan earthquake destroyed the Universidad Iberoamericana. The damage in the city from the 1957 earthquake, however, seems greater than from other subduction thrust events of similar magnitude located at similar distance. If so, what was the likely cause? Recently, the importance of the rupture directivity during the 1985 earthquake in the resulting large damage has been pointed out. We study the possible directivity effect during the 1957 earthquake by simulating strong ground motion at an accelerometer site near the Independence Monument for a postulated Ms7.5 event. Simulations use the summation of empirical Green's Function (EGF) technique. We observe that the EGFs earthquakes with well-known rupture directivity towards Mexico City produce much larger intensities than those devoid of the rupture directivity. We are in the process of constructing a structural model of the Monument to study if the falling of the Angel is consistent with the simulated ground motion generated by using EGFs with known rupture propagation towards Mexico City.

SIS-18

UPPER MANTLE FLOW IN SOUTHEASTERN MEXICO INFERRED FROM ANISOTROPY MEASUREMENTS USING LOCAL INTRASLAB EARTHQUAKES

Celis Samuel¹, Valenzuela Wong Raúl², León-Soto Gerardo³ y Pérez-Campos Xyoli²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

samcelis93@gmail.com

Cocos intraslab earthquakes were used to make shear-wave splitting measurements to explore the factors that control seismic anisotropy and to study the mantle wedge flow patterns in southeastern Mexico where the Cocos Plate subducts beneath the North American Plate. Cocos intraslab earthquakes reach depths of 250 km, making it possible to sample the mantle wedge. Silver and Chan (1991) covariance method was used to measure the splitting parameters: the fast polarization direction (#) and the delay time (#t). The measurements can be divided into three regions: (1) southeast and (2) northwest of the Tehuantepec Ridge extension (i.e., the subducted Tehuantepec Ridge within the Cocos slab) and (3) the region above the subhorizontal Cocos slab. (1) In the first region, the measured fast polarization directions show a trench-parallel orientation that is interpreted to result from the presence of a serpentinized mantle wedge tip and a trench-parallel flow through the mantle wedge core made up of A or C-type olivine fabrics. Trench-perpendicular fast polarization directions are observed beneath the forearc region of the Central America Volcanic Arc, near Tacana Volcano, and trench-parallel polarizations are observed beneath the arc. These orientations could be explained assuming the presence of B-type olivine fabric in the mantle wedge tip, A or C-type olivine fabric in the mantle wedge core, and trench-parallel flow, so that the orientations of the fast axes become perpendicular to the mantle flow direction beneath the forearc and parallel to it beneath the arc. (2) In the second region, northeast of the 100 km isodepth contour of the Cocos slab, the fast axes are trench perpendicular. This could be explained assuming the development of A-type olivine fabric and the existence of 2-D corner flow driven by the downdip motion of the Cocos slab. Southwest of the 100 km isodepth contour, measurements show trench-parallel fast polarization directions that could also be interpreted as an effect of the presence of a serpentinized mantle wedge. Right above the Tehuantepec Ridge extension (northeast of the 100 km isodepth contour of the subducting slab), a change in the fast polarization directions from trench-normal to trench-parallel while going from

northwest to southeast is observed. This change could suggest a change in the mantle flow pattern and could be evidence of a vertical tear in the Cocos slab. Lastly, (3) in the third region, the observed delay times (0.02 – 0.30 s) are consistent with crustal anisotropy magnitudes and the fast polarization directions seem to be controlled by the orientations of fault systems and alignments in foliations. Therefore, crustal faults and folds seem to be the dominant factors controlling the observed anisotropy.

SIS-19

EARTHQUAKE MAGNITUDE ESTIMATION FROM HR-GNSS DATA USING A DEEP LEARNING APPROACH

Quinteros-Cartaya Claudia B., Köhler Jonas, Chakraborty Megha, Faber Johannes, Li Wei y Srivastava Nishtha
Frankfurt Institute for Advanced Studies
quinteros@fias.uni-frankfurt.de

Displacement recorded through the High-rate Global Navigation Satellite Systems (GNSS) data has been very helpful for estimating the magnitude of moderate to large earthquakes, especially when the signals of earthquakes recorded in seismometers are saturated. In this work, we explore the efficiency of deep learning-based algorithms for fast magnitude estimation through training time series of displacements from thousands of synthetic earthquakes. We aim to develop a simplified and generalized model as a first approach that could be applied to different scenarios and regions. The influence of magnitude, noisy data, time windows of the signal, number of stations, and location distribution of the records in the model performance are evaluated. Furthermore, we test the robustness of these trained models using synthetic and real earthquake signals, particularly with large magnitude.

SIS-20

UMBRALES DIFUSOS DE MAGNITUD EN ESTUDIOS MARKOVIANOS DE PELIGRO SÍSMICO

Nava Pichardo Fidencio Alejandro y Gutiérrez Peña Quiriat Jearim
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
fnava@cicese.mx

Dado que los grandes sismos liberan grandes cantidades del esfuerzo de deformación, pueden influir en el movimiento interplacas del área donde ocurren y, por tanto, en la ocurrencia de futuros sismos en ese área, lo que resulta en comportamiento markoviano de la ocurrencia de grandes sismos en regiones vecinas dentro del área. Para estudios estadísticos de varios tipos es común considerar sólo sismos con magnitudes mayores o iguales a una magnitud umbral dada; pero consideraciones físicas y estadísticas señalan que el uso de un umbral escalón es poco realista y que es necesario considerar umbrales difusos (fuzzy). En el presente trabajo, consideramos la manera en que umbrales difusos influyen en la ocurrencia de grandes sismos y presentamos una manera de tomar en cuenta dichos umbrales para la evaluación empírica de probabilidades de transición entre regiones. Justificamos nuestra propuesta mediante simulación Monte Carlo y comparamos los resultados con lo obtenido de datos reales de la región de Japón.

SIS-21

SISMICIDAD DE LA COSTA DE OAXACA REGISTRADA POR UNA RED SÍSMICA TEMPORAL EN 2021-2022

Caló Marco¹, Solano Hernández Ericka Alinne², García Gomora Luisa María³, Montalvo-Lara Carlos Emilio⁴, Sánchez Alonso Fernando⁵, Granados Chavarría Iván¹ y López Arce Montejano Oscar Daniel¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Industrias, Universidad del Mar campus Puerto Ángel
³Ingeniería Geofísica, IPN
⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
⁵Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM
calo@geofisica.unam.mx

La costa de Oaxaca representa una región de estudio particularmente interesante para estudiar el proceso de subducción de la placa de Cocos ya que, encontrándose a tan solo 41 km de la trinchera, es la porción de la costa mexicana más cercana al frente de subducción. Esta región, como toda la costa del océano Pacífico, es caracterizada por una elevada tasa de sismicidad y por sismos fuertes que pueden alcanzar magnitudes muy elevadas. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de una red temporal de once estaciones que se instalaron en la costa de Oaxaca y sus alrededores entre septiembre de 2021 y junio de 2022 mediante un proyecto colaborativo entre Universidad del Mar e Instituto de Geofísica, UNAM. La información se complementa con los registros de las estaciones del Servicio Sismológico Nacional instaladas en la región y gracias a un algoritmo de detección automática (STA/LTA) optimizado para esta base de datos se pudieron detectar y localizar los eventos locales y hacer una caracterización integral y más completa de la sismicidad en esta porción del frente de subducción. Adicionalmente se mostrarán los análisis de eventos excepcionales que se registraron en la red sísmica como la explosión del Volcán Hunga Tonga (Indonesia) ocurrida en enero 2022 y los efectos del huracán Agatha que azotó la costa en mayo 2022. Proyecto apoyado por el

Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA) y el proyecto interno UMAR 21I2003

SIS-22

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA SISMICIDAD, ESTADO DE ESFUERZOS Y CAMBIOS DE LA ESTRUCTURA CORTICAL EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Córdoba Francisco¹, Iglesias Arturo², Sieron Katrin¹, Castro Artola Oscar³ y Ricardez Puente Luis Fernando²

¹Universidad Veracruzana, UV
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
fcordoba@uv.mx

En 2019, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia de sismos en el sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en las áreas definidas como Eastern y Easternmost (con límite en la costa del Golfo de México), una zona que además se caracteriza por vulcanismo activo y que está dividida por el alineamiento de volcanes norte-sur que une al Pico de Orizaba y Cofre de Perote. Aunado a lo anterior, existe el antecedente histórico del sismo local más importante ocurrido en esta área el 3 de enero de 1920, un evento somero (profundidad 10-15 km) y M ~6.4, conocido como el sismo de Xalapa, que produjo daños severos en la zona epicentral y una pérdida significativa de vidas humanas (el segundo a nivel nacional el siglo pasado) como consecuencia de los fenómenos geológicos que desencadenó. Aunque la cobertura de estaciones sismológicas permanentes en el área de interés no es suficiente para una caracterización detallada de la sismicidad y la microsismicidad base local, la secuencia de sismos ocurrida recientemente otorga la oportunidad de ahondar la caracterización de la sismicidad y la tectónica asociada al sector oriental de la FVTM. Con lo anterior, surgen cuestiones a resolver que van desde la posible relación de estos sismos recientes con el sismo histórico de 1920, el reconocimiento de fallas activas o su posible origen asociado al vulcanismo activo, hasta las que se relacionan con el estado de esfuerzos local y/o regional que producen los fallamientos evidenciados por la sismicidad reciente e incluso, las implicaciones tectónicas locales y regionales que influyen en el contexto local de esta área. En virtud de lo anterior, el objetivo general de este estudio es evaluar el marco sismológico, geológico y tectónico local partiendo de un mejor conocimiento de la estructura cortical con el uso de datos sismológicos de banda ancha de estaciones del SSN, de la Red Sísmica de Veracruz (RSV) y de un arreglo temporal desplegado recientemente (GECO, Geometry of Cocos), que permita evidenciar posibles diferencias y/o similitudes que contribuyan a su caracterización sismotectónica a partir de técnicas que incluyen el cálculo de curvas de dispersión de sismos, correlaciones cruzadas de ruido sísmico (C1), correlaciones de correlaciones (C2) y autocorrelaciones. Aunado a lo anterior, la relocalización de eventos y el cálculo de los mecanismos focales de algunos sismos de la secuencia reciente, más los obtenidos en otros catálogos y estudios alternos dentro del área de interés, coadyuvan a la inversión del tensor de esfuerzos y en consecuencia, a la observación del campo de esfuerzos predominante en las áreas Eastern y Easternmost de la FVTM, así como su variación con lo observado en el sector central de la misma Faja. Finalmente, se obtiene una visión de las condiciones de esta área que permite establecer las diferencias existentes y su interacción con la sismotectónica de la región del Golfo de México.

SIS-23

DINÁMICA DE LA RUPTURA SÍSMICA CON LEYES DE FRICCIÓN "RATE AND STATE" EN UN ESQUEMA DE GALERKIN DISCONTINUO

Tago Pacheco Josué
Facultad de Ingeniería, UNAM
josue.tago@gmail.com

Entender la evolución del ciclo sísmico es un gran desafío por las dinámicas de los fenómenos físicos involucrados que cuentan con escalas de tiempo distintas (e.g. sismos regulares y sismos lentos). Para poder estudiar el ciclo sísmico, es necesario utilizar leyes de fricción tipo "rate and state" (Kaneko et al., 2011; Erickson and Day, 2016; Allison and Dunham, 2018), en donde el coeficiente de fricción depende de la velocidad del deslizamiento y una variable de estado que evoluciona de acuerdo a su propia ecuación diferencial ordinaria no lineal (Dieterich, 1979; Ruina, 1983). La estructura de estas leyes de fricción se deben a estudios experimentales de fricción de rocas y los valores de sus parámetros son fundamentales para modelar correctamente el comportamiento tectónico. Se presentará como modelar la dinámica de la ruptura sísmica utilizando leyes de fricción "rate and state" en un esquema de Galerkin discontinuo. Su implementación se hizo sobre el código DGCrack (Tago et al., 2012), en su versión 2D, que es un esquema numérico hp-adaptativo de Galerkin discontinuo, que tenía implementada la dinámica de la ruptura con la ley de fricción "linear slip weakening". La verificación de la implementación se hizo resolviendo una versión 2D del benchmark TPV103 que asume una falla embebida en un espacio homogéneo elástico (Harris et al., 2009). Esta implementación se utilizará para estudiar el ciclo sísmico en la costa del Pacífico mexicano, cuyos parámetros de fricción se inferirán a partir de las inversiones de la cinemática de la tectónica de Cruz-Atienza et al. (2021).

SIS-24

ELADIN: UN SOFTWARE LIBRE PARA ESTUDIAR LA CINEMÁTICA DE LAS PLACAS TECTÓNICAS

Tago Pacheco Josué¹ y Cruz-Atienza Víctor Manuel²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

josue.tago@gmail.com

Bajo el marco del proyecto binacional SATREPS, entre México y Japón, se instrumentó la costa del Pacífico mexicano con una red de monitoreo anfibia que permitió la adquisición de datos geodésicos con una cobertura y densidad nunca antes lograda. Los datos geodésicos están linealmente relacionados con los deslizamientos sobre las fallas y por ende son utilizados para inferir la cinemática de la tectónica. Sin embargo, a pesar de la mejora en la cobertura de la red y de tener un modelo lineal, la recuperación del deslizamiento sigue siendo un problema mal planteado. El método de ELADIN (Elastic ADJoint Inversion) consiste en dos pasos que involucran problemas de inversión para invertir el deslizamiento en múltiples interfaces y ventanas de tiempo (Tago et al., 2021). Los datos geodésicos que pueden utilizarse para la inversión son GPS, OBP e InSAR. En cada interfaz o falla puede seleccionarse si se desea la inversión de los dos componentes del deslizamiento o la magnitud sobre una dirección definida. Esta metodología ha permitido entender la compleja cinemática entre las placas de Cocos y Norteamericana (Cruz-Atienza et al., 2021). El código de ELADIN había sido utilizado de manera exclusiva por nuestro equipo de investigación, pero hemos decidido liberarlo a la comunidad científica a través de un repositorio. Se presentarán los códigos que permiten el cálculo del operador lineal del modelo directo y también el de la inversión de los datos. Además, cada código cuenta con un manual que incluye como ejemplo el sismo de Acapulco 2021 (Mw 7.1).

SIS-25

TOMOGRAFÍA SÍSMICA DEL VALLE DE MÉXICO

Vega-Báez María-Jimena¹ y Pérez-Campos Xyoli²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

jimnavb12@gmail.com

Como los grandes sismos en la costa de México han afectado a la población y en especial a la vida diaria del Valle de México por el peculiar comportamiento de esta región ante estos fenómenos, se han realizado varios estudios sobre sismicidad, simulaciones de la propagación de las ondas sísmicas, geología, estratigrafía, estudios geotécnicos, cartografía de fallas y fracturas, entre otros. De estos estudios se ha determinado en el Valle de México una compleja estructura, tanto en la zona somera como a profundidad. Para conocer un poco más sobre la estructura sísmica del Valle de México, se realizó una tomografía empleando sismicidad local. Una tomografía necesita de bastantes sismos para lograr mapear el volumen del cual se quiere conocer la estructura; el Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 490 sismos de 2006 a junio de 2021 en el área de estudio. El Valle de México se ha caracterizado por sismicidad somera y de magnitudes bajas, con una magnitud máxima de 4.1 reportada por el SSN. Durante varios años se han instalado varias redes sismológicas en esta zona, temporales como la del Meso-América Subduction Experiment (MASE), la red del Instituto de Ingeniería (IINGEN) y una estación colocada en el Zócalo de la Ciudad de México (ZOCA) y redes permanentes como la del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y la Red Sísmica del Valle de México (RSVM). Se analizaron los registros de todas las estaciones de las redes mencionadas que se encuentran dentro de la zona de estudio, desde su instalación, y hasta el final de su registro, de ser el caso. Primero se utilizaron el algoritmo desarrollado por Steve Roecker (2019) y el modelo de velocidades de la corteza utilizado por el SSN para detectar sismos y agregarlos al catálogo, incrementando así la base de datos. Con los tiempos de llegada de todos los sismos detectados, y empleando como base el mismo modelo de velocidades, se realizó una tomografía utilizando la paquetería desarrollada por Steve Roecker (2017). Con los resultados de la sismicidad detectada, así como de la tomografía, es posible asociar a estructuras y describir características sísmicas de la zona del Valle de México.

SIS-26

SEISMOGENESIS IN THE GUERRERO SEISMIC GAP: A SLOW AND FAST SLIP SWAYING

Cruz-Atienza Víctor Manuel¹, Tago Pacheco Josué², Franco Sara¹, Real Jorge³, Villafuerte Carlos³, Kostoglodov Vladimir⁴, Ito Yoshihiro⁵, Solano Darío², Kazachkina Ekaterina⁴, Ronquillo Arturo⁵, Domínguez Luis A.¹, Rocher Ana¹, Becel Anne⁶ y Nishimura Takuya⁴¹Instituto de Geofísica, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM³Ecole Normale Supérieure de Paris⁴Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University⁵Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM⁶Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University

cruz@geofisica.unam.mx

On September 8, 2021, a Mw7.0 thrust earthquake took place beneath Acapulco, Mexico, causing significant local damage and triggering the public early warning

system in Mexico City, which is located 280 km north of the epicenter. The event occurred in the heart of the Guerrero seismic gap and is a repetition of the earthquake of May 11, 1962 (Mw7.1), where a doublet took place nine days later (Mw7.0) next to the great rupture of 1957 (Mw7.7) that toppled the Angel of Independence, an emblematic historical monument of the country's capital, and gave birth to the earthquake engineering in Mexico. Six months earlier, on April 2021, a slow slip event was initiating in Oaxaca, southeast of the Acapulco earthquake rupture area, and propagated to the state of Guerrero along the deep part of the plate interface (i.e., between 25 and 50 km depth). Based on a dense GPS network and unprecedented seafloor geodetic observations, we show that a year before the earthquake, from September 2020, another Mw6.6 shallow slow slip earthquake initiated at the oceanic trench of the seismic gap and propagated downwind towards the earthquake hypocentral region close to the shoreline. This aseismic event as well as the mainshock were recorded offshore by hydrostatic pressure sensors (vertical sea bottom displacement) and collocated tiltmeters (sea bottom rotations). The earthquake and its postseismic relaxation produced the development of a Mw7.3 long-term slow slip event deep in Guerrero (between October 2021 and April 2022) significantly increasing the seismicity of the region and particularly in the 1957 rupture zone, where most of the aftershocks are concentrated. Earthquake clustering offshore and continuous geodetic observations, last acquired at sea in June 2022, strongly suggest that a new short-term shallow slow slip event (0-15 km depth) is taking place offshore Acapulco (preliminary Mw6.5) starting around January 2022 where seismicity rate remains high. All these observations and the corresponding inverse modeling suggest that the genesis of potentially devastating earthquakes in the Guerrero seismic gap is controlled by the sway of slow transient events interacting from the trench to 50 km depth, which has large dynamic implications for the origin of subduction earthquakes.

SIS-27

PRIMEROS REGISTROS SÍSMICOS DE BANDA ANCHA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUERÉTARO, ZONA DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO: UNA BASE DE DATOS PARA UNA REGLAMENTACIÓN DE CONSTRUCCIÓN LOCAL

Clemente Chávez Alejandro¹, Figueroa Soto Ángel¹, Pérez Moreno Francisco¹, González Martínez Mario², Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel¹, Sánchez López Paola Liliana¹, Dean Anderson Ranchy³ y Ramírez Silva Cristian Humberto¹¹Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH³Empresa privada

ing_accch@hotmail.com

El crecimiento mayoritario poblacional en las ciudades que están en el centro del país México, sobre la zona del Cinturón Volcánico Mexicano (MVB) es evidente; así mismo una gran demanda en la vivienda e infraestructura en general. Querétaro es una de tales ciudades, y hasta hoy no cuenta con normas de diseño sísmico sustentado con mediciones sísmicas locales. Varios han sido los trabajos dirigidos al conocimiento del comportamiento del suelo en Querétaro, sin embargo, la falta de datos de registros sísmicos en el sitio más vulnerable como el Centro Histórico (sitio de construcciones con mamposterías de piedra brasa y procedimientos de cientos de años) hace necesario un monitoreo sísmico para estimar parámetros que acoten el peligro y riesgo sísmico, así como la obtención de bases de una normatividad local de construcción. El presente trabajo, presenta los primeros registros sísmicos, de sismógrafo de banda ancha, en la zona del centro histórico Querétaro, obtención de coeficientes espectrales H/V y un análisis de las formas espectrales. Los resultados muestran el peligro y riesgo sísmico del centro histórico, así como los contrastes con recomendaciones de diseño emitidos por el manual Diseño por sismo de la Comisión Federal de Electricidad.

SIS-28

MODELOS EMPÍRICOS DE ATENUACIÓN PARA SISMOS INTRAPLACA EN EL NORESTE DE MÉXICO

Villalobos Escobar Gina Paola¹, Márquez Ramírez Víctor Hugo²,Castro Escamilla Raúl Ramón³ y Peña Alonso Tomás A.¹¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, UAT²Centro de Geociencias, UNAM³CICESE

gvillalobos@docentes.uat.edu.mx

Se presentan relaciones empíricas de atenuación de velocidades y aceleraciones máximas del terreno (PGV y PGA respectivamente) para la región nororiental de México donde la actividad sísmica ha sido subestimada por años. Se probaron cuatro modelos derivados de la forma paramétrica propuesta por García et al., (2005) para sismos intraplaca en el centro de México pero empleando datos regionales registrados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN). Como criterio de selección se evaluó la tendencia de decaimiento de los modelos y los residuales logarítmicos (con sus respectivas desviaciones estándar) entre los datos observados y los predichos en función de la distancia. Se presentan como modelos óptimos las siguientes funciones: $\log\#(PGV) = -4.36 + 0.8Mw - 0.00015R - 0.97 \log\#(R) - 0.0041H + \#A + \#E$ $\log\#(PGA) = 0.31 + 0.23Mw + 0.0011R - 1.48 \log\#(R) - 0.0022H + \#A + \#E$ Donde Mw es Magnitud de Momento, R es la distancia hipocentral y H es la profundidad focal

(ambas en km). #A y #E corresponden a las desviaciones estándar intra e inter-evento respectivamente. Para PGV #A y #E son 0.18 y 0.004, mientras que para PGA #A y #E son 0.25 y 0.30, respectivamente. Se encontró que al emplear la definición de distancia R propuesta por García et al. (2005) (dependiente de la distancia hipocentral y de la magnitud), los resultados eran básicamente los mismos que al usar la distancia hipocentral directamente. También se trató de incorporar una variable para caracterizar las condiciones locales del suelo de las estaciones de registro (Kamiyama and Yanagisawa, 1986). A pesar de que los residuales de este ensayo resultaron favorables en promedio, la función empírica de aceleración (PGA) dejó de decaer alrededor de los 250 km, convirtiendo al modelo en inadecuado para distancias mayores, situación que no ocurrió con las velocidades (PGV). Las constantes obtenidas para las condiciones del suelo en las estaciones de registro tanto para PGA como para PGV fueron similares entre estaciones y no mostraron un impacto importante de efectos de sitio en los modelos predictivos. Los modelos propuestos satisfacen los propósitos de tener un buen ajuste de los residuales y la simplicidad de depender únicamente de la magnitud, la distancia hipocentral y la profundidad focal de los eventos, haciéndolos fáciles de aplicar para efectos de ingeniería o de evaluación de riesgos con datos suministrados por redes sísmicas locales o regionales.

SIS-29

RELACIÓN DE ATENUACIÓN PARA LA SISMICIDAD SUPERFICIAL EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO, UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Clemente Chávez Alejandro, Pamphile Ranchy Dean Anderson, Figueroa Soto Ángel, Pérez Moreno Francisco, Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel, Sánchez López Paola Liliana y González Martínez Mario
 Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ
 alejandro.clemente@uaq.mx

La República Mexicana está situada en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo, enclavada dentro del área conocida como el Cinturón Circumpacífico donde se concentra la mayor actividad sísmica del planeta (Servicio Geológico Mexicano, 2017); por eso el tema de peligro sísmico siempre ha sido de gran preocupación para muchos investigadores dentro y fuera del país. No obstante, existen zonas dentro del país donde la sismicidad no se ha estudiado a detalle como es el caso del Cinturón Volcánico Mexicano (MVB). Para esta zona tan poblada del país se ha hecho uso de la relación de atenuación obtenida por Abrahamson & Silva (1997), la cual es una expresión matemática que predice aceleraciones máximas del terreno (PGA) que es un factor muy determinante para el diseño de estructuras sismorresistentes. Dicha expresión fue obtenida a partir de datos de registros de California, Estados Unidos de Norteamérica, lo que resulta poco propio al comportamiento de la zona MVB. Pocos autores han trabajado en estimar relación de atenuación para esta zona con datos locales pero los resultados no han sido los esperados bajo el argumento de que la señal tiene comportamiento atípico. El presente trabajo muestra una propuesta metodológica para obtener una relación de atenuación para la sismicidad superficial con fuente en el MVB. Los resultados muestran la forma característica de atenuación de la sismicidad en la zona del MVB y su contraste con otros trabajos con diferentes sismicidades.

SIS-30

RELACIONES DE ATENUACIÓN ANÁLISIS POR TRAYECTORIA: SISMICIDAD ZONA DE SUBDUCCIÓN A QUERÉTARO, MÉXICO

Clemente Chávez Alejandro¹, Sánchez López Paola Liliana¹, Figueroa Soto Ángel², Pérez Moreno Francisco³, Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel¹, González Martínez Mario³ y Pamphile Ranchy Dean Anderson¹

¹Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
 ing_accch@hotmail.com

México es uno de los países con mayor actividad telúrica. Los epicentros de los terremotos se concentran principalmente en la zona de subducción del país, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco. Este tipo de sismos, interplaca, históricamente han generado daños en el Cinturón Volcánico Mexicano (MVB) y Valle de México. La región conocida como MVB (franja central) concentra la mayor parte de la población e infraestructura del país. Algunos estados ubicados en esta provincia geológica, entre ellos Querétaro, no cuentan con reglamentos de diseño sismorresistente con base en registros locales. Para el diseño sísmico de una estructura se adoptan máximos absolutos de aceleración del movimiento del terreno (PGA) los cuales se pueden predecir a través de relaciones de atenuación. Existen algunos trabajos que exponen de forma general diferencias de atenuación hacia la zona central y a lo largo de la zona de subducción, sin embargo, se han omitido datos sísmicos dentro del MVB. Al momento se desconoce cuantitativamente las diferencias que pueden existir entre los valores probables de PGA dentro del MVB y en particular para la ciudad de Querétaro. El presente trabajo muestra cuatro relaciones de atenuación a partir de un análisis por trayectorias de la sismicidad en la zona de subducción hacia la ciudad de Querétaro. Los resultados muestran diferencias en las curvas de atenuación y se expone la trayectoria de mayor peligro sísmico para Querétaro, zona central del MVB.

SIS-31

EL SISMO DE ACAPULCO DEL 8 DE SEPTIEMBRE DE 2021 (MW=7.0): UN ANÁLISIS DE LA FUENTE Y ALGUNAS IMPLICACIONES

Iglesias Arturo¹, Singh Shri Krishna¹, Castro Artola Oscar², Pérez-Campos Xyoli¹, Corona Fernández Raúl Daniel³, Santoyo Miguel Ángel³, Arroyo Danny⁴ y Franco Sara Ivonne¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

arturo@geofisica.unam.mx

El 8 de septiembre de 2021 (01:47:46 UTC) ocurrió un sismo de magnitud Mw=7.0 (16.770° N, 99.942° W) justo enfrente de Acapulco, Guerrero. El sismo rompió un segmento de lo que se ha denominado la brecha sísmica del sureste de Guerrero. La ruptura se inició frente a la costa de Acapulco y se propagó hacia el noreste. La directividad de la ruptura se confirma de (1) un análisis de los registros locales y regionales en función del acimut y (2) por la inversión cinemática de los sismogramas de desplazamiento cercanos a la fuente, filtrados con un pasabanda de 0.025-0.5 Hz-además de algunos vectores de desplazamiento cosísmico registrados en GPS. La inversión de los desplazamientos muestra muy poco desplazamiento cerca del hipocentro (< 0.5 m) y un deslizamiento significativo distribuido sobre un área de #184 km², en donde los principales "parches" de deslizamiento se localizan en la parte noreste de la falla. El deslizamiento medio estimado y la caída de esfuerzos son de 260 cm y 18.6 MPa, respectivamente. Según el USGS-NEIC, la función de tasa de momento ("Moment Rate Function"), obtenida por la inversión para dislocaciones en la falla usando datos tele sísmicos es relativamente sencilla y se asemeja, en ese sentido, a otros sismos de subducción mexicanos en el rango de 7.0 # M # 7.5. El espectro de la fuente se ajusta bien al modelo de fuente de Brune #2. La energía sísmica radiada por las ondas tele sísmicas P es de 7.5x10¹⁴ J, y ER/M0 es de 2.1x10⁻⁵. El REEF, que es una medida de la complejidad de la fuente, es pequeño (5.8) similar al de otros sismos de subducción mexicanos. Los sismogramas de DeBilt de los terremotos de 2021 y del 11 de mayo de 1962 en Acapulco muestran una extraordinaria similitud, rara vez vista para sismos de M~7.0. El sismo de 2021 parece una repetición del terremoto de 1962. El déficit de deslizamiento desde 1962 correspondiente a una tasa de convergencia de placas de 0.2 cm/año y un acoplamiento perfecto es de 366 cm. Así, el deslizamiento sísmico de 260 cm durante ese temblor de 2021 sugiere una relación de acoplamiento de 0.7, mayor que la de 0.3 y 0.5 que se desprende de las mediciones geodésicas. La liberación de grandes momentos en la brecha sísmica del sureste parece tener una periodicidad de #60 años. Dado que han transcurrido 60 años desde la última secuencia de sismos en la región (1957 MS 7.5; 1962 MS 7.0 y 6.8) una nueva secuencia no es descartable.

SIS-32

ANÁLISIS DE SEÑALES SISMOLÓGICAS EN EL VOLCÁN TACANÁ

Castro Artola Oscar y Alatorre Ibarquengotia Miguel Ángel
 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH
 oscar.cas.art@gmail.com

El Chichón y el Tacaná son dos volcanes activos que están en el Estado de Chiapas, México, y su monitoreo depende del Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico (CMVS) adscrito al Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Para esta tarea, se cuenta con diferentes estaciones sismológicas que envían datos en tiempo real y el CMVS se encarga de recibir, registrar, almacenar, procesar e interpretar la información. De esta manera, en este trabajo se analizó la información de la red del volcán Tacaná de marzo a noviembre de 2021, periodo en el que ocurrieron al menos 50 eventos vulcanotectónicos alrededor del edificio. Para esto, primero, se tomaron datos de estaciones sismológicas de banda ancha y se determinó el número de eventos repetidores y su distribución en el tiempo, logrando detectar al menos 60 eventos vulcanotectónicos (VT). Estos fueron localizados usando tres modelos de estructura de velocidad diferente, mostrando que los VT ocurren al noreste del volcán con profundidades entre 3 y 18 km. Un análisis de la polaridad de los primeros arribos indica al menos un periodo de migración, durante el cual los eventos se localizan más cercanos a la red de estaciones. Por otro lado, se calcularon los cambios relativos de velocidad usando información del ruido sísmico y se encontraron muy pocas variaciones. A partir de septiembre, las correlaciones cruzadas de ruido bajan el nivel de SNR. Esto puede estar relacionado a una interrupción de datos que ocurrió a principios de ese mes. También, a partir de esto la ocurrencia de los eventos VT se detiene y se vuelve a detectar un evento hasta mediados de octubre. En diciembre se corta la comunicación con las estaciones. Estudiando los espectrogramas del ruido para el tiempo de registro se puede ver el efecto de la interrupción de los datos en las estaciones; sin embargo, no se explica la ausencia de registros VT en las señales.

SIS-33

EL MANTO SUPERIOR Y LA ZONA DE TRANSICIÓN DEBAJO DEL SUR DE PERÚ Y CHILE

Pérez-Campos Xyoli¹, Clayton Robert W.² y Compte Diana³¹Instituto de Geofísica, UNAM²Seismological Laboratory, California Institute of Technology³Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile
xyoli@igeofisica.unam.mx

La placa de Nazca presenta una subducción horizontal al norte de 14 °S bajo el sur de Perú, y a los 28 °S bajo Chile y Argentina. En este trabajo analizamos las discontinuidades del manto superior y la zona de transición del manto por medio de más de 30,000 funciones de receptor (FR) obtenidas de registros telesísmicos de estaciones de 12 redes sísmicas permanentes y 34 temporales instaladas en el sur de Perú y Chile en los últimos 30 años. Realizamos un apilamiento de punto de conversión común a partir de la retroproyección de las FR de acuerdo con una trayectoria de rayos basada en el modelo de velocidades IASP91. Analizamos el comportamiento y la topografía de las discontinuidades de 410 y 660 km. La zona de transición del manto es más delgada en las regiones donde la placa de Nazca cambia su buzamiento de ser horizontal a tener un buzamiento pronunciado debajo de Perú, lo que sugiere que el manto es más caliente en estas regiones. Además de las discontinuidades de 410 y 660 km, identificamos otras discontinuidades de velocidad en el manto superior y la zona de transición, que interpretamos como resultado de la interacción de la placa de Nazca con el manto superior en la zona de transición.

SIS-34

RELOCALIZACIÓN DEL CATÁLOGO DE LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO DE 1980 A 2021

Ramírez Erik¹, Salazar Guerrero Paula¹, Stock Joann², Vidal Villegas Antonio³ y Flores Lacarra Karla¹¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC²CALTECH³CICESE

eramirez34@uabc.edu.mx

El norte de Baja California (nBC), es caracterizada por una alta actividad sísmica, generada, principalmente, por el sistema de fallas del sistema San Andrés-Golfo de California; segmento del límite de placas Pacífico y de Norte América. Para monitorear esta sismicidad, la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) opera desde finales de la década de los 70s. Su principal objetivo: detectar, localizar y catalogar la sismicidad ocurrida en nBC. A medida que avanza la tecnología y algoritmos, la relocalización de sismos es un tema de discusión dadas las diferentes técnicas que se han desarrollado para avanzar en ese campo. En este trabajo se recopilaron, analizaron, y homogeneizaron los archivos de los tiempos de arribo y localización de los eventos del catálogo de RESNOM. Se extrajeron los tiempos de arribo P y S para la relocalización de la sismicidad usando las técnicas Source-Specific Station Terms (SSST) y Hypocentral Double-Difference (HypoDD). Para la relocalización, el catálogo 1980-2021, conformado de ~37000 eventos, se separó la sismicidad en las dos principales regiones geológicas: Sierras Peninsulares de Baja California (SPBC) y el Valle de Mexicali (VM). Lo anterior, derivado que durante el primer análisis se evidenció la necesidad de un modelo de estructura de velocidades en 3D. Para SPBC se usó un modelo de velocidades de corteza con un espesor de 42 km, mientras que para VM se usó uno de 20 km de espesor. Los resultados del análisis con SSST y con HypoDD muestran sismicidad compactada en planta y en profundidad comparada con el catálogo de RESNOM, generando planos de falla con sismicidad concentrada en planos de falla. En nuestros resultados, la técnica de HypoDD genera resultados que nos parecen más adecuados para la región. El catálogo resultante puede ser usado, por ejemplo, en un análisis de peligro sísmico para el Valle de Mexicali, principalmente.

SIS-35

AUTOMATIC DETECTION OF VOLCANIC SIGNALS AT THE POPOCATEPETL VOLCANO

Reyes Romero Alejandro¹, Legrand Denis² y Domínguez Ramírez Luis Antonio³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

alex980620@hotmail.com

Modern seismology records data continuously and in real-time, which produces an enormous amount of information. Until a few years ago, the process of identifying and classifying seismic data was performed either manually or through simple semi-automatic algorithms. As data sizes continue to grow, alternatives for automatic detection have been tested using scalable algorithms that allow extracting information from huge volumes of data. One of such techniques, known as FAST (Fingerprint and Similarity Thresholding), uses waveform similarity to scan in an unsupervised way seismic signals. In this work, we applied FAST to investigate the feasibility of applying this technique for volcano monitoring. We processed 45 days of continuous data recorded on a broad-band seismometer located at the Popocatepetl volcano. FAST detected 2475 seismic events from mid-November 2018 to the end of December 2018, most of them being volcano-tectonic earthquakes. This result is an

expected one because FAST cannot make a classification of seismic events, but it is instead focused on detecting tectonic events that possess similar characteristics. The code will be improved in the future to detect other kinds of volcanic events and their classification.

SIS-36

DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE SEÑALES SÍSMICAS DEL VOLCÁN POPOCATEPETL

Bernal-Manzanilla Karina y Calò Marco

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

karinabernal@igeofisica.unam.mx

Los volcanes activos son ambientes en los que se registra una gran variedad de eventos sísmicos. Esto se debe a la diversidad de procesos que ocurren en su interior y que involucran la interacción de materiales en fases sólidas y fluidas. La descripción de esos procesos, mediante el análisis de registros sísmicos, requiere de una etapa de preprocesamiento en la que se seleccionan eventos que son de interés para el fenómeno que se estudia. Sin embargo, la identificación de señales específicas en registros continuos y ruidosos es una tarea compleja que consume tiempos considerables. En este trabajo exploramos el potencial de los métodos de aprendizaje automático (machine learning) para identificar eventos de interés de forma más eficiente en el volcán Popocatepetl. En particular, se entrenó un modelo clasificador usando el algoritmo de máquinas de vectores de soporte, para ordenar los registros sísmicos continuos de 3 años en distintos catálogos. El esquema de organización que se empleó está basado en la clasificación de eventos sísmicos que realiza el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) como parte del monitoreo del volcán. Se obtuvieron seis catálogos que corresponden a las siguientes clases: señales de periodo largo, tremores, explosiones, sismos volcano-tectónicos, sismos regionales y ruido. En la metodología, empleamos un conjunto previamente propuesto de 102 atributos para representar las observaciones sísmo-volcánicas y utilizamos cientos de eventos etiquetados manualmente para entrenar el modelo. Además, para aumentar el número de señales del conjunto de entrenamiento, se consideraron las señales de las tres componentes y las señales de eventos seleccionados registrados en más de una estación. Como resultado, nuestro modelo es funcional en múltiples estaciones y clasifica correctamente muchos eventos no reportados en los boletines del CENAPRED. Más adelante, estos catálogos complementarán a las técnicas tradicionales de selección de eventos de interés en estudios sobre la estructura del volcán y sus fuentes sísmicas.

SIS-37

TOMOGRAFÍA CONJUNTA DE LA ONDA P TELESÍSMICA Y LOCAL EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO

Reina Gutiérrez Cristian Giovanni y Escudero Ayala Christian Rene

Universidad de Guadalajara, UDG-CUCOSTA

cristian.reina7777@alumnos.udg.mx

El occidente de México está caracterizado por presentar un alto cuadro de sismicidad y en consecuencia ser una de las regiones con más alta amenaza sísmica. Esto es debido a complicados procesos tectónicos de subducción a lo largo de la trinchera Mesoamericana de las placas Rivera y Cocos bajo la placa Norteamérica y la consecuente interacción con los bloques Jalisco y Michoacán, la Faja Volcánica Transmexicana y los sistemas de Rifting continental, los cuales conjuntamente controlan y definen la geología, los rasgos estructurales, y la sismicidad de la zona. Lo anterior establece un escenario interesante para la investigación sísmológica, especialmente en la ejecución de tomografías sísmicas y construcción de modelos de velocidad, que conlleven a una mejor comprensión de los procesos tectónicos, propicio para la estimación de la amenaza y el riesgo sísmico. Es por eso que en este trabajo presentamos la estimación de un modelo de velocidad de la onda P para la corteza y manto superior implementando una inversión conjunta de los tiempos de arribo de la onda-P de eventos locales y telesísmicos. Para esto utilizamos un catálogo de eventos con selección de fases corregidas manualmente, que fueron registradas por las redes temporales de banda ancha del experimento Mapping the Rivera Subduction Zone (MARS) desplegados entre los años 2006 y 2008. Como resultado preliminar se muestran un modelo de velocidad de la onda P que brinda información acerca de la compleja distribución de la velocidad en algunas zonas para la corteza y manto superior.

SIS-38

EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO EN EL SURESTE DE MEXICO, ES UNA REGION VULNERABLE A TERREMOTOS DISTANTES DEBIDO A SUS CONDICIONES GEOLOGICAS Y RESPUESTA SISMICA

Gómez Arredondo Carmen Maricela¹, Montalvo Arrieta Juan Carlos², Rodríguez Vázquez Adalberto³, Damas López Daniel Andrés³ y Chávez Hernández Guillermo³¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL²UANL³UJAT

carmengomez289@hotmail.com

Son pocos los casos alrededor del mundo, en donde zonas urbanas importantes han sido afectadas por terremotos distantes, tal el caso ampliamente conocido de

la ciudad de México que fue devastada por el terremoto de septiembre de 1985, de Mw8.1 y ocurrido a una distancia de más de 350 km. El municipio de Centro, en el estado de Tabasco se encuentra a aproximadamente 400 km de distancia de la trinchera Mesoamérica en la costa de Chiapas, en esta región se han generado grandes terremotos como el del 8 de septiembre de 2017 con Mw8.2. En el estado de Tabasco se tiene evidencia de que tanto sismicidad histórica como instrumental ha causado daños a las estructuras (e.g. 23 de septiembre, 1902, Mw7.4 en Chiapas). La evidencia más reciente se relaciona con terremoto del 08 de septiembre, 2017, Mw8.2 que ocurrió a una distancia epicentral mayor a los 350 km. Para evaluar los efectos locales en el municipio de Centro se llevó a cabo la estimación de las velocidades de las ondas de corte en 20 localizaciones por medio de MASW y refracción sísmica para determinar Vs30, la función de transferencia y los cocientes espectrales de tres terremotos (5.8<Mw<6.9) en la estación de VHSA. Tomando en cuenta los resultados obtenidos de bajas velocidades de ondas S, la baja atenuación en regiones continentales estables, y los diferentes tipos de terremotos regionales que pueden afectar a Centro, el municipio se posiciona como vulnerable ante la ocurrencia de terremotos distantes.

SIS-39

SISTEMA DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE SISMOS REPETITIVOS

Domínguez Ramírez Luis Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ladinguez@igeofisica.unam.mx

Los eventos repetitivos son aquellos grupos de sismos que se caracterizan por producir formas de onda casi idénticas a intervalos de tiempo relativamente regulares. Estudios recientes (Domínguez et al. 2022) sugieren que cambios en las tasas de recurrencia, además del surgimiento de nuevos grupos de sismos repetitivos, pudieran ser un indicador de un incremento del riesgo sísmico a lo largo de la costa. Esto es particularmente relevante, en zonas donde se tiene registro de la ocurrencia de sismo tipo doblete como por ejemplo la región de Ometepec-Pinotepa Nacional. En este trabajo, desarrollamos un sistema de monitoreo de sismos repetitivos capaz de analizar de forma automática los sismos reportados por el Servicio Sismológico Nacional. Este sistema genera una base de datos que se actualiza a medida que se reportan nuevos sismos cuyas formas de onda tienen un alto coeficiente de correlación. Este sistema es capaz de generar indicadores de cambios en las tasas de deslizamiento por encima del nivel de fondo, con lo que se examina si estos cambios en el deslizamiento de la interfase, puede estar relacionada con una migración de esfuerzos previa a la ocurrencia de sismos de magnitud M>7.0.

SIS-40

VISUALIZACIÓN INTERACTIVA DE DATOS SÍSMICOS POR PÁGINA DE WEB

Tan Li Yi
Servicio Sismológico Nacional
yi@sismologico.unam.mx

La visualización de la señal sísmica en una página de web es normalmente una figura estática, el presente trabajo se describe el desarrollo de un programa que convierte esta figura en una forma dinámica e interactiva. El programa no solo es capaz de graficar en diferentes maneras a los datos sísmicos de varios formatos como miniseed, seisán, SAC, ASA, y a los datos de GPS de formato GSOF, sino también se puede manipular interactivamente con los datos graficados, realizar la ampliación y el acercamiento sobre los datos sísmicos graficados directamente en la página de web. Además se puede realizar la conversión de formatos sísmicos, y subir archivos sísmicos por la página de web. Con este programa, los interesados se puede visualizar y manipular los datos registrados actuales o pasados por el Servicio Sismológico Nacional desde cualquier lugar usando una navegador.

SIS-41 CARTEL

3-D TRAVEL-TIME TOMOGRAPHY OF SOUTHERNMOST BAJA CALIFORNIA PENINSULA

Huesca Pérez Eduardo¹, Gutiérrez Reyes Edahí¹,
Valenzuela Wong Raúl², Husker Allen¹ y Mayer Sergio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CIQESSE - Unidad La Paz

²Instituto de Geofísica, UNAM
ehuesca@gmail.com

A three-dimensional P and S-wave travel-time tomography, as well as Vp/Vs ratio images, were obtained for the southernmost tip of the Baja California Peninsula in Mexico. The area analyzed include Los Cabos block and part of the Gulf coast. The tomography obtained reveals in detail the heterogeneities of the crustal seismic velocity structure of the Los Cabos block. Results show an overall low velocity structure for both P- and S-waves under the Baja California peninsula down to a depth of ~25 km around the peninsula axis, particularly under Sierra La Laguna and near the Gulf of California (GoC) coast. Low P- and S-wave velocities are also present under the Gulf near the coast whereas fast velocities are observed under the Gulf away from the shoreline. Low and high Vp/Vs ratios are observed to alternate throughout the study area. The low seismic velocities may be explained because

the crust in Los Cabos block is highly fractured and fluid-saturated, and has a high heat flux which is manifested as geothermal activity (e.g. hot springs observed all along the block). These low body wave velocities coincide with the existence of an asthenospheric mantle sandwiched by the continental crust of the Los Cabos block and a stalled subducted slab reported by Di Luccio et al (2014). This mantle strip may be chemically depleted or dry inhibiting the development of active post-subduction volcanism.

SIS-42 CARTEL

MACROSEISMIC OBSERVATIONS OF THE 2 OCTOBER 1847 MI 5.7 CHAPALA GRABEN TRIGGERED EARTHQUAKE (TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT, WEST-CENTRAL MEXICO) AND STRUCTURE OF THE GRABEN

Suter Max
Vogesenstrasse 16, D-79639 Grenzach-Wyhlen, Alemania
sutermax@alumnibasel.ch

The Chapala graben, the largest of the basins in the western part of the Trans-Mexican Volcanic Belt, is 115 km long and up to 30 km wide. Here I document a 2 October 1847 earthquake with intensity magnitude MI of 5.7±0.4 that was locally devastating on the northern graben shoulder. It razed the villages of Poncitlán and Ocotlán, where at least 58 persons perished (Seismol. Res. Lett. 89, 35–46, 2018). The macroseismic observations for this historical event and the elevated background seismicity indicate that the Chapala graben is active and poses a major ground-shaking hazard to the nearby metropolitan areas of Ocotlán and Guadalajara. No historical earthquake had been previously documented from the Chapala graben, which was believed to be tectonically inactive. Furthermore, the 2 October 1847 event was not recognized as a crustal earthquake. In earthquake catalogs, the devastation at Ocotlán is aggregated with the damage caused the same day, only two hours earlier, in the Colima region by a subduction-zone earthquake that was devastating in Tecmán and Colima and caused minor damage in Mexico City, and which likely triggered dynamically the Chapala graben earthquake. Given the limited amount of macroseismic observations for the 1847 earthquake and the lack of reported surface rupture, the source fault of this earthquake cannot be specified. However, it must be located on the northern shoulder of the Chapala graben, which in the Ocotlán region is composed of three south-facing step-like normal fault segments, 20 to 28 km long. Their prominent scarps show steep, uneroded faces. In a first-order approximation, the epicenter can be located at the center of the locations of highest intensity (MMI of degree IX), between Ocotlán and Poncitlán, which would imply the fault located at the surface just north of these two locations to be the source. Several estimates of the intensity magnitude MI of this earthquake range between 5.6 and 5.9 and have a mean of 5.7±0.4. The prominent fault scarps flanking the Chapala graben show morphologically youthful features such as lack of dissection, lateral and vertical linearity, and near absence of clastic aprons at the base of the scarps, all of which indicate rapid uplift rates. Slickenlines on the master faults of the graben indicate extensional dip-slip with minor horizontal components. Near the town of Chapala, the volcanic bedrock has a Pliocene K-Ar age of 3.4±0.2 Ma, and the overlying sediments consist of alternating lacustrine sediments and ash and pumice units. The faults are subvertical, and the strata dip ~20° away from the graben. Based on the 3.4 Ma maximum age of the fault activity, the ~900 to 1000 m thickness of the basin fill, and the ~800 m of footwall uplift, the long-term vertical slip rate of the northern graben-bounding fault system can be estimated at 0.5 mm/yr in its central part, where it is likely to be at a maximum.

SIS-43 CARTEL

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA SISMICIDAD REPORTADA POR EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL EN EL ESTADO DE OAXACA

Mendoza Ponce Avith del Refugio¹, Tavera Cervantes Gildardo² y Figueroa Soto Ángel³

¹Universidad Tecnológica de la Mixteca, UTM

²Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro

³CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
avith.mendoza.ponce@gmail.com

Oaxaca es una de las zonas con mayor registro de sismos en México, debido a la subducción de la placa de Cocos por debajo de la placa Norteamericana y a la actividad sísmica intraplaca que causa terremotos poco profundos, como el terremoto de Xalapa de 1920 y también de profundidad intermedia dentro de la placa de Cocos subducida. Se proponen resultados del valor b y tiempos de recurrencia para el estado de Oaxaca con base en un catálogo sísmico de magnitud de momento (Mw) durante el periodo de 1987-2021. Los cálculos de valor b y los tiempos de recurrencia se realizaron para 5 regiones sismotectónicas de las 18 propuestas por Zúñiga et al. (2017), estas regiones fueron (SUB3, SUB4, IN2, IN3 y NAM) que se ubican al sur del país. Así, el principal objetivo de este trabajo fue obtener un mejor conocimiento de valor b en el periodo de tiempo 1987-2021 y los tiempos de recurrencias para estas regiones que abarcan principalmente a Oaxaca y la parte colindante con los estados aledaños: Guerrero, Puebla, Veracruz y Chiapas. El catálogo sísmico fue homogeneizado en la magnitud de momento (Mw) y se retiraron las réplicas. La metodología utilizada para obtener el valor b para cada región consistió en calcular la magnitud de corte con el método de Máxima Curvatura (MAXC). Después se estimó el valor b mediante máxima verosimilitud: para las regiones de las zonas de subducción (SUB3 y SUB4) los resultados indican

mayor número de eventos sísmicos que en cualquier otra región; debido a la gran cantidad de datos se tienen muy buenas estimaciones de valor b y de los tiempos de recurrencia, así como también en las regiones de profundidad intermedia (IN2 e IN3). Sin embargo, en la región de Norteamérica (NAM) es donde hay menos número de eventos sísmicos se obtuvo un tiempo de recurrencia mayor. Basados en los resultados del valor b , podemos decir que la mayoría de los valores en cada una de las zonas el valor- b es mayor 1 a diferencia de otras publicaciones, donde reportan valores- b menores que 1. Esta variación podría deberse a las distintas homogeneizaciones en magnitud utilizadas en cada catálogo; a los diferentes periodos de tiempo de análisis; a la relajación del estado de esfuerzo en zonas vecinas debido a la ocurrencia del sismo del 7 de septiembre de 2017 y a la gran cantidad de energía liberada en la fuente.

SIS-44 CARTEL

EFECTO METEOROLÓGICO EN LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD SÍSMICA BAJO EL VOLCÁN DE COLIMA

Ibarra Morales Juan¹, De Plaen Raphael Serge M.^{1,2}, Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Zúñiga Dávila-Madrid Francisco Ramón¹ y Arámbula Mendoza Raúl³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Royal Observatory of Belgium

³Universidad de Colima, UCOL

juanibarra@ciencias.unam.mx

La variación temporal de la velocidad sísmica obtenida mediante correlación de ruido sísmico nos pueden brindar información sobre el estado de esfuerzos de la corteza. Los cambios superficiales en la velocidad sísmica, además de estar relacionados con los procesos tectónicos y volcánicos, pueden ser causados por factores meteorológicos. Los principales factores ambientales que causan interferencias y deben ser removidos de las señales de velocidad son: los cambios de presión de poro inducidos por la lluvia, los efectos termoelásticos, la variación de carga causada por la presión atmosférica, entre otros. En el presente trabajo se muestra el análisis estacional de la variación de la señal de velocidad sísmica bajo el volcán de Colima. Dicha señal fue obtenida utilizando el método de correlación cruzada monoestación (SC) en registros de cuatro estaciones durante el periodo 2013 - 2017. La variación de velocidad diaria fue estimada utilizando el método MWCS en las bandas de frecuencia de 0.1 a 1 Hz y de 1 a 2 Hz. La variación muestra disminuciones de velocidad cosísmicas asociadas a terremotos regionales. Utilizando onduladas se determinó que existe coherencia, y por lo tanto relación, entre las señales de velocidad y tres parámetros meteorológicos: lluvia, temperatura y presión atmosférica. La coherencia entre señales se da en ciclos cercanos a un año. Mediante regresión lineal se determinó que el principal factor que tiene un impacto en la velocidad sísmica es la derivada de la variación de presión de poro causada por la infiltración de la lluvia, induciendo cambios del orden de 10^{-3} %. La temperatura y la presión atmosférica tienen menor impacto, del orden del 10^{-6} % y 10^{-5} % respectivamente.

SIS-45 CARTEL

DETECCIÓN DE RÉPLICAS DEL SISMO DEL 23 DE JUNIO DE 2020 EN LA CRUCECITA, HUATULCO USANDO UNA RED SÍSMICA TEMPORAL LOCAL

López Arce Montejano Oscar Daniel¹, Solano Hernández Ericka Alinne² y Castro Artola Oscar³

¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad del Mar, UMAR

³UNICACH

oscardaniel@ciencias.unam.mx

En el estado de Oaxaca, ocurren el 25% de los movimientos telúricos del territorio nacional, como consecuencia del activo régimen tectónico de la zona de subducción mexicana. El 23 de junio de 2020 ocurrió un evento Mw 7.4 con epicentro en La Crucecita, Huatulco, Oaxaca, a una profundidad de 22.6 km, sumando 10,758 réplicas en los dos meses siguientes (SSN,2020). Dentro de los efectos geológicos ocasionados se incluyen; licuefacción, deslaves, agrietamiento en playas y fracturamiento en macizos de coral y daños a dos mil viviendas y por lo menos diez pérdidas humanas. Dentro de este trabajo, se identifican la mayor cantidad de réplicas, con el objetivo de estimar el área de ruptura del evento principal, usando el algoritmo STA/LTA para la detección automática de eventos, haciendo uso de un código abierto especializado para el procesamiento de datos sísmológicos (ObsPy). Los datos utilizados corresponden a 5 estaciones de la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional ubicadas en el estado de Oaxaca y cuatro estaciones temporales de banda ancha en un trabajo interinstitucional UMAR, UNAM y UNICACH. Se instalaron a partir del 25 de junio en las localidades de Puerto Ángel, Santa María Huatulco, San Miguel del Puerto y El Coyul con el propósito de ampliar la densidad de estaciones cercanas al epicentro del evento principal. Las estaciones temporales fueron retiradas tres meses después. Los resultados de las detecciones obtenidas mediante STA/LTA con estaciones cercanas se comparan con el catálogo del SSN para el mismo periodo y se muestran los resultados de detecciones de eventos nuevos no reportados en el catálogo del SSN. Las réplicas se observan confinadas en lo que proponemos como área de ruptura del sismo principal a lo largo de la falla.

SIS-46 CARTEL

ESPEJOR DE LA CORTEZA EN EL NORESTE DE MÉXICO A PARTIR DE FUNCIONES DE RECEPTOR

Montalvo-Lara Carlos Emilio¹, Pérez-Campos Xyoli² y Montalvo Arrieta Juan Carlos³

¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

carlosmontalvobvb@gmail.com

En este trabajo se calcularon y compararon las funciones de receptor de 47 telesismos con magnitudes mayores de 7.0 a partir de sus registros de aceleración y velocidad en las estaciones MCIG, LNIG y GTIG, pertenecientes a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional de México y ubicadas en el noreste del país. El cálculo de las funciones de receptor utilizadas en este trabajo se llevó a cabo con la metodología propuesta por Ligorria y Ammon (1999). Además de revisar la similitud de las funciones de receptor obtenidas a partir de los registros de aceleración con las obtenidas de registros de velocidad, se compararon los modelos de estructura calculados a partir de cada una de ellas. Se obtuvieron profundidades de la discontinuidad de Mohoróvic similares en ambos casos, con promedios de 31, 28 y 36 km, para las estaciones MCIG, LNIG y GTIG, respectivamente. Además, se calculó la profundidad de esta misma discontinuidad bajo otra estación perteneciente a la Red de Banda Ancha del SSN y estaciones sísmológicas temporales ubicadas en esta misma región noreste de México, con la finalidad de crear un modelo de estructura para la corteza más robusto.

SIS-47 CARTEL

ANÁLISIS DE SISMICIDAD DURANTE EL PERIODO DE JUNIO A DICIEMBRE DE 2016 EN LA ZONA DE LA PAZ-LOS CABOS: NUEVOS RESULTADOS

Mayer Sergio¹, Ortega Roberto² y Cabañas José Antonio³

¹CICESE

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

³UABCS

smayer@cicese.mx

Se presentan nuevos resultados del análisis de sismicidad usando la red sísmica de La Paz (LPZ). La red sísmica de La Paz es una red local que tiene el propósito de registrar la actividad sísmica de la zona sur de la Península de Baja California. LPZ registra principalmente sismos de magnitud menor a 3, especialmente en zona de fallas corticales que tienen altos periodos de retorno. En esta zona la actividad sísmica se manifiesta en forma de enjambres y sismos agrupados en zonas bien delimitadas sobre todo en las zonas de San Dionisio, Santiago y Miraflores, así como la zona urbana en cabo San Lucas. Nuestros resultados muestran que la localización de la actividad sísmica tiene orientaciones preferentes, pero no es fácil asociarla con las fallas activas. El ejemplo más patente está en la Falla San José, la cual tiene una orientación N-S, y se encuentra asociada con fallas menores que cortan esta estructura. Las direcciones preferentes de los mapas geológicos no coinciden con la información de la sismicidad, por esta razón postulamos dos alternativas: 1) Las fallas activas son una nueva reestructuración de las fallas asociadas a la falla principal y no son reactivación de fallas del Mioceno debido a ajustes del patrón de esfuerzos. 2) Las fallas activas se deben a deslizamientos de las fallas lísticas que no permiten una definición lineal de las estructuras cuando se representan en los mapas geológicos. Nuestros resultados muestran que los mapas de peligro sísmico requieren de revisión detallada porque la zona sísmogénica es difícil de definir. Es necesario añadir más elementos de incertidumbre para representar correctamente la fuente sísmica.

SIS-48 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DE LOCALIZACIÓN, PROFUNDIDAD Y MAGNITUD DEL CATÁLOGO HISTÓRICO DE SISMOS CON EPICENTRO EN EL VALLE DE MÉXICO, INCLUYENDO MECANISMOS FOCALES

Bello Delia, Espindola Castro Víctor Hugo, Quintanar

Robles Luis y Méndez Alarcón Miguel Ángel

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

delia@sismologico.unam.mx

En el catálogo histórico publicado por el SSN se han detectado discrepancias en las profundidades y magnitudes de sismos históricos con epicentro en la CDMX y Estado de México, en la mayoría de los casos debido al modelo de velocidades empleado para el cálculo de sismos antiguos (principalmente los detectados antes del 2010), actualmente se han estimado modelos para ciertas regiones de la CDMX, lo que ha permitido un mejor cálculo de las profundidades que en algunos casos se reportaban de hasta más de 15 km. En cuanto a las magnitudes, existían sismos reportados con insuficientes o carentes de lecturas que permitieran establecer una magnitud, por lo que se realizaron las lecturas y además se corroboró la magnitud calculada con coda con el cálculo de magnitud de momento sísmico. Aunado a este trabajo, se calcularon mecanismos focales por polaridades y por el método de inversión para sismos de magnitudes que cumplieran con requisitos como ser de magnitudes mayores a 2.5 y que se contara con lecturas en más de 5 estaciones, para el cálculo

con polaridades se manejó Focmec, Fpfit y Hash de Seisan. Además se realizó el cálculo de mecanismos por el método de inversión usando ISOLA, en este caso sólo para sismos con epicentro en la CDMX y que ocurrieron entre el 2010-2021.

SIS-49 CARTEL

MODELACIÓN DE TSUNAMI CONSIDERANDO INTERACCIÓN FLUIDO-SÓLIDO

Contreras Alvarado Lilibeth Zaira¹ y Ramírez Guzmán Leonardo²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

lilibetcontreras1@gmail.com

La zona de subducción mexicana ha producido algunos de los eventos sísmicos más importantes en la historia del país, los cuales han afectado tanto a zonas costeras como al interior de la República. De esta actividad se destacan los sismos que han generado tsunamis con efectos devastadores, que actualmente pondrían en riesgo a la población dado el crecimiento demográfico. Lo anterior nos obliga a mejorar nuestras estimaciones de peligro y riesgo con actualizaciones importantes y mejoras a las metodologías empleadas. Desafortunadamente, la observación instrumental ha sido escasa y es indispensable considerar la importancia de los estudios de peligro por tsunami basados en simulaciones numéricas para generar escenarios. En este estudio se analizan dos enfoques complementarios de simulación de tsunamis: las ecuaciones de aguas someras y un modelo de aguas profundas considerando la interacción fluido sólido. La formulación del problema empleando el segundo enfoque se hizo a partir de la ecuación de onda y planteando el sistema de ecuaciones integrales que permite obtener el desplazamiento en la superficie de un fluido. El método de ecuaciones integrales se implantó numéricamente en Matlab. Se presentan un conjunto de simulaciones utilizando como fuente tsunamigénica a una falla finita bidimensional. Asimismo, se analizó un problema similar aplicando las ecuaciones de aguas someras con la herramienta Geoclaw. En ambos casos se discuten las alturas de ola y la propagación, así como la influencia de la interacción suelo-fluido.

SIS-50 CARTEL

SECUENCIA SÍSMICA DE SEPTIEMBRE DE 2021 EN GUANAJUATO, RESULTADOS PRELIMINARES

Gómez González Juan Martín

Centro de Geociencias, UNAM

gomez@geociencias.unam.mx

En septiembre de 2021 ocurrió una secuencia sísmica en Guanajuato, a unos 50 km al norte de la capital del estado. La actividad duró poco más de 30 días y estuvo compuesta por eventos pequeños y algunos moderados ($M=3.1-4.5$). Esta actividad fue registrada en la nueva red sísmica permanente de Querétaro, compuesta por 6 estaciones de periodo corto, aunque con una cobertura limitada. La mayoría de los eventos se caracterizan por una baja relación señal-ruído, lo que dificulta su identificación y localización. Este tipo de actividad se caracteriza por la ocurrencia espacio-temporal de múltiples sismos, sin un evento grande distintivo, exhiben un ascenso y una caída gradual en la liberación del momento sísmico, sin un patrón bien definido de eventos. Secuencias como la de Guanajuato puede ser un marcador del inicio de un proceso de sismogénesis local. Representa una gran oportunidad para avanzar en el conocimiento de la detonación de este tipo de procesos en regiones intraplaca. Si bien sólo puede sugerir un pequeño porcentaje de la deformación regional, es prácticamente la única referencia, debido a las tasas tan bajas de dicha deformación. Para explicar su historia temporal es necesario construir modelos de activación basados en la fluencia sísmica y su velocidad de migración, ello requiere una combinación de modelos probables de detonación de la actividad. Algunos modelos permiten evaluar los mecanismos que impulsan su generación a lo largo de los límites del sistema de fallas. Compilamos un catálogo de 100 eventos con base en localizaciones relativas, a partir de la lectura de fases P y S. La sismicidad se distribuyó en un radio de unos 20 km alrededor del poblado de San Felipe, algunos de cuyos eventos fueron percibidos en varias poblaciones cercanas de San Luis Potosí. La zona forma parte de un sistema estructural complejo caracterizado por un régimen de deformación extensional. Las zonas de debilidad que lo componen pueden producir terremotos repetidos y secuencias de microsismos, los cuales se concentran en unas pocas zonas específicas del sistema. La distribución espacial de la sismicidad no permite proponer una estructura sismogénica clara. Para ello se requiere instalar una red local que proporcione información más detallada del comportamiento de la sismicidad local. Ello permitirá realizar análisis espacio-temporales sistemáticos de la actividad para delinear las probables zonas sismogénicas.

SIS-51 CARTEL

AN UPDATED PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT FOR WESTERN MEXICO

Sawires Rashad¹, Peláez José Antonio² y Santoyo García Galiano Miguel Angel³

¹Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, 71516-Assiut, Egypt

²Department of Physics, University of Jaén, 23071-Jaén, Spain

³Institute of Geophysics, National Autonomous University of Mexico (UNAM), 04510 Mexico City, Mexico

rashad.sawires@gmail.com

In this work, an updated probabilistic seismic hazard assessment in terms of peak ground acceleration (PGA) and spectral acceleration (SA) values, for a 10% and 5% probability of exceedance in 50 years, for B, B/C and C NEHRP site classes, has been conducted for Western Mexico region. To conduct such assessment, a unified and updated declustered earthquake catalog (1787-2019), as well as an updated focal mechanism database (1963-2016), was compiled, arranged, and processed specifically for this work. Two alternative seismic source models (area sources and a spatially smoothed seismicity model) were considered in the assessment, within a logic tree scheme. Each model covers the potential seismic sources in and around the studied region, i.e., shallow crustal, subduction interplate, and subduction intraplate earthquakes. A characteristic earthquake model has been also implemented for some of the defined sources. The designed logic tree has additionally included other parameters: the possible uncertainty related to the Gutenberg-Richter b-value way of estimation, the maximum expected magnitude value, as well as two-alternative ground-motion attenuation models selected for the subduction seismic sources. The predominant stress regime has also been considered for most of the sources during the assessment. The obtained ground-motion results have been presented as seismic hazard isoacceleration maps, as well as hazard curves and uniform hazard spectra for 15 specific cities, for the three considered site conditions. A comparison between the obtained hazard values and the current seismic design regulations, as well as with previous studies, has been also performed for these cities, and a new design response spectrum has been proposed. Finally, some regression fitting relationships between the obtained ground-motion values have been achieved in the current work. Concerning the most significant results, it is worth noting that seismic hazard on the southwestern coast (parallel to the Middle America Trench of the Mexican Subduction Zone) presents higher values. In decreasing order of the obtained ground-motion values, the cities of Apatzingán, Autlán, Colima, Lázaro Cárdenas, and Manzanillo exhibit the largest observed PGA values among all the studied cities. However, other cities (Uruapan, Ciudad Guzmán, Morelia, Zitácuaro, Sahuayo, Puerto Vallarta, Guadalajara, Tequila, Tepatlán and San Juan de Los Lagos) show relatively lower hazard values. For instance, Lázaro Cárdenas displays mean PGA and SA (0.2 s) pair values, for a 475-year return period, equal to 0.73 and 1.60 g, 0.83 and 1.90 g, and 0.89 and 2.05 g, for B, B/C and C site conditions, respectively. The output results from this up-to-date seismic hazard assessment will provide designers and engineers with updated hazard values (both PGA and SA), uniform hazard spectra and hazard curves for different types of soils.

SIS-52 CARTEL

SISMICIDAD REGISTRADA POR LA RED SISMOLÓGICA DEL NOROESTE MÉXICO (RESNOM-CICESE) - ENERO A JULIO DE 2022

Núñez Alejandra, González Escobar Mario, Arregui Ojeda Sergio Manuel, Gallegos Castillo Cristian Alejandro, González Huizar Héctor, Mendoza Garcilazo Luis Humberto y Grupo de Trabajo RESNOM-CICESE
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
anunez@cicese.mx

El Valle de Mexicali, en Baja California, así como el Golfo de California, están cortados por parte de la frontera entre las Placas del Pacífico y Norte América. Este límite de placas se caracteriza por una intensa actividad sísmica y eventos que pueden alcanzar magnitudes hasta de $\sim Mw7.1$, como fue el caso del Sismo El Mayor-Cuicah de 2010, lo cual hace de esta región una de las de más alto peligro del país. En base a lo anterior el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), ha mantenido en operación la Red Sísmica del Noroeste de México y se ha generado un catálogo de información sísmica desde 1976, la cual se reporta a través de la página web: RESNOM, <https://resnom.cicese.mx>; el App, RSC RESNOM y redes sociales. Además de parámetros epicentrales, son publicados, mapas de intensidad y mecanismos focales. Este catálogo abarca las regiones del Golfo de California, y los estados de: Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. En este trabajo se presenta la actividad sísmica de enero a julio de 2022. En dicho periodo se localizaron 1494 sismos de magnitudes entre ML 0.5 y MW 5.3. La actividad sísmica se concentra principalmente en el sector de las fallas Indiviso y Laguna Salada; zona del Valle de la Trinidad (Sierra Juárez), Golfo de California y frente a las costas de Ensenada, sin faltar la actividad sísmica de la región del Campo Geotérmico de Cerro Prieto. De todos estos eventos sísmicos, 4 son de magnitud M # 5, y ocurrieron en el Golfo de California; 19 de 5 > M # 4, los cuales ocurrieron en las siguientes zonas: Golfo de California (13), Sur de California (2), Sierras Peninsulares (1), y en el Océano Pacífico (3), dos de ellos cercanos a la ciudad de Ensenada. El resto de la actividad se distribuyó de la siguiente manera: 174 sismos: 4 > M # 3, 380 sismos de 3 > M # 2, 854 sismos de 2 > M # 1 y 63 sismos de magnitud M < 1. Llamen la atención dos sectores principalmente; 1). La región de La Rosita, en el Valle de Mexicali, ya que

eventualmente se están presentando enjambres sísmicos, haciéndola una región de alto riesgo, ya que ahí se localizan dos plantas termoeléctricas y varios tanques de almacenamiento de combustible para su distribución. 2). La zona de costa frente a Ensenada, en donde han ocurrido dos sismos (M4.3, el 15 abril y M4.3, el 25 de Julio), los cuales fueron sentidos por la población, siendo un área en donde no se tenía reporte de sismos de esta magnitud en los últimos 50 años.

SIS-53 CARTEL

RED SÍSMICA DE BACHILLERATO (RESBAC) DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL, UN ACERCAMIENTO MÁS ENTRE LA SOCIEDAD Y LA CIENCIA

Mendoza Carvajal Antonio de Jesús¹, Pérez-Campos Xyoli², Quintanar Robles Luis², Iglesias Arturo¹, Espindola Castro Víctor Hugo¹, Pérez Santana Jesús Antonio¹, Navarro Estrada Fernando¹, Sosa Jiménez Miguel Ángel¹, Montoya Quintanar Edgar¹, Chávez Chavarría Iván¹ y Ruiz Vázquez Iván¹

¹Servicio Sismológico Nacional

²Sismología, Instituto de Geofísica

antonio@sismologico.unam.mx

La Red Sísmica del Bachillerato (RESBAC), surge como una forma de materializar los conocimientos adquiridos en el Diplomado en Sismología para Profesores de Bachillerato, al mismo tiempo, representa una red valiosa de monitoreo sísmico que permite por un lado monitorear la sismicidad local y por el otro la caracterizar el movimiento del suelo, ambas para la Ciudad de México y una excelente opción de complemento para la Red de Observatorios Sismológicos de Banda Ancha del SSN. La RESBAC tiene tres principales propósitos: contribuir con el monitoreo de la sismicidad de la Ciudad de México y del país; contribuir a la caracterización de los movimientos fuertes en Ciudad de México; fomentar vocaciones científicas, además de una cultura sísmica en los estudiantes y profesores de bachillerato que trascienda a corto plazo en la sociedad. Para ello, en esta primera etapa de la red se han instalado 21 estaciones en donde 14 de ellas quedaron en planteles de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM; una en la Dirección General de la ENP, una en el Colegio Madrid; cuatro en campus del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la Ciudad de México (CDMX), y uno co-localizado en la estación PZIG del Servicio Sismológico Nacional (SSN), próximo al Centro de Monitoreo (CM) del SSN, con el objetivo de también servir para calibración. Esto es para poder probar en sitio la respuesta a configuraciones y actualizaciones de las estaciones. Durante esta primera etapa de la red se llevaron a cabo las actividades de búsqueda y selección de sitio en cada plantel, preparación del lugar donde se instaló el sismógrafo constituido de 3 componentes de aceleración a 2G y 1 de velocidad de periodo corto, con el equipo de suministro y respaldo eléctrico, además de su sistema de comunicaciones. Para mediados de este año se lograron los objetivos planteados, teniendo a las estaciones transmitiendo sus datos al CM en donde actualmente se utilizan para la localización de la sismicidad local, actuando como un refuerzo en el monitoreo que se tiene con las estaciones de la Red Sísmica del Valle de México (RSVM). Así mismo, se continúa con la preparación de profesores de los planteles mediante el "Diplomado en Sismología para Profesores de Bachillerato (DSPB)", impartido por el SSN, para que estos mismos tengan elementos que podrían usar en su plantel, basándose en los datos recabados por la estación sismológica instalada en su respectiva institución.

SIS-54 CARTEL

SISMICIDAD EN EL NORTE Y NOROCCIDENTE DE MÉXICO

Espindola Castro Víctor Hugo, Pérez-Santana Jesús,
Rodríguez-Rasilla Iván y Estrada-Castillo Jorge

SSN-Instituto de Geofísica, UNAM

victore@sismologico.unam.mx

La sismicidad histórica de la región norte y noroccidente de México (placa norteamericana), muestra algunos sismos de magnitud intermedia y alta. El evento más notable es el sismo de 1887 en Bavispe, en el norte de Sonora, cuya magnitud estimada es de 7.4. Se tienen registros sísmicos de eventos de menor magnitud, como el de 1907 (M5.2) en Colonia Morelos, Sonora; en 1913 (M5.0) en Huásabas, Sonora (M5.0). Con magnitud 6.5 en 1928 en Parral, Chihuahua y el de 1965 (5.0), en Nicolás Bravo, Chihuahua. Actualmente se cuenta con mayor número de estaciones sismológicas de banda ancha, distribuidas en esa vasta región. Si bien el número de estaciones es aún insuficiente para conocer con mayor detalle características de las zonas sismogénicas de toda la región; estas han aportado información, que han contribuido a identificar principalmente gran cantidad de fallas activas, que tienen relevancia por su impacto en las comunidades cercanas. El catálogo sísmico del Servicio Sismológico Nacional, contiene más de 2000 epicentros localizados en todos los estados de esta región, que han ocurrido en los últimos 20 años. Sismos de magnitud pequeña son percibidos continuamente en varias poblaciones del norte de México, lo que es una razón contundente para impulsar nuevos proyectos para mejorar la distribución instrumental, mejorando un monitoreo más preciso de la actividad sísmica en esa región. El presente trabajo muestra un análisis descriptivo de las principales zonas sísmicas, obtenidas de los registros sísmicos de las últimas dos décadas.

SIS-55 CARTEL

EQUIPARTICIÓN DE LA ENERGÍA SÍSMICA EN MEDIOS ESTRATIFICADOS

Piña-Flores José¹, Cárdenas-Soto Martín¹ y García-Jerez Antonio²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Departamento de Química y Física, Universidad de Almería, España

ead2009@hotmail.com

La relación entre la Función de Green y las correlaciones promedio de los desplazamientos elásticos, dentro de un campo difuso, ha sido firmemente establecida. Las energías del movimiento horizontal y vertical del campo de desplazamientos son proporcionales a la parte imaginaria de los componentes diagonales del tensor de Green cuando fuente y el receptor son coincidentes. Dada esta notable conexión, examinamos las particiones de las ondas elásticas debido a las cargas superficiales dinámicas horizontales y verticales en un medio elástico estratificado. Las características de radiación elástica para medios estratificados son mucho más complicadas que para semiespacio homogéneo. Mientras que las correspondientes particiones de potencia de energía, de los distintos tipos de ondas en un semiespacio, no varían con respecto a la frecuencia, en un medio elástico formado por una capa sobre un semiespacio, la estructura modal muestra fuertes variaciones en función de la frecuencia, principalmente alrededor del pico principal y el mínimo del cociente espectral H/V. Usando un modelo de prueba con un contraste de impedancia moderadamente alto, encontramos que la mayor parte de la densidad de energía de los desplazamientos horizontales se concentra en el modo fundamental de las ondas Love, alcanzando el 70% de la potencia en las componentes horizontales. El desplazamiento vertical de las ondas del cuerpo P-SV alcanza un máximo del 65%, mientras que el modo fundamental de las ondas de Rayleigh alcanza un máximo del 98% de la energía disponible en el movimiento vertical. Con este análisis, es posible analizar los efectos multimodales en los diagramas de dispersión y relacionar explícitamente la partición de la densidad de energía con las curvas de dispersión y del cociente espectral H/V bajo la teoría de campos difusos.

SIS-56 CARTEL

EFFECTOS DE SOMBRA OBSERVADOS EN LOS REGISTROS DE LOS INSTRUMENTOS GEOTÉCNICOS EN EL CENTRO DE DISPERSIÓN CERRO PRIETO DESPUÉS DEL SISMO EMC M7.2, 2010.04.04.

Glowacka Ewa, Sarychikhina Olga, Gutiérrez Peña Quiriat Jearim,
Munguía Orozco Luis, García Arthur Miguel Ángel y Farfán Francisco J.

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

glowacka@cicese.mx

Las observaciones muestran que un terremoto puede disparar sismos pero, también, puede disparar deslizamiento asísmico de las fallas. Dos tipos de cambios de esfuerzo son a menudo propuestas como posibles fuentes de disparo. Uno es el cambio de esfuerzo estático asociado con el deslizamiento de la falla fuente y el otro es el cambio de esfuerzo dinámico causado por el paso de las ondas sísmicas. Cuando esfuerzo estático es negativo puede bloquear sismicidad en las fallas afectadas y este proceso se llama sombra. Desde 1996 CICESE mantiene en el Valle de Mexicali una red (REDECVAM) de instrumentos geotécnicos con monitoreo semicontinuo, con el objetivo de registrar la deformación tectónica, cosísmica e inducida por la actividad humana. El sismo El Mayor Cuapah (EMC), Mw 7.2, ocurrió en el límite occidental del Valle de Mexicali, cerca de la frontera entre las placas tectónicas y muy cerca de los instrumentos de REDECVAM. Todos los instrumentos geotécnicos, instalados en las fallas del centro de dispersión Cerro Prieto, registraron desplazamientos disparados por el sismo. Sin embargo, el comportamiento postsísmico de los registros varía, pudiendo distinguir 3 comportamientos típicos: 1) los registros reportan el creep en la falla de magnitud similar antes y después del sismo, 2) los registros reportan el aumento en la tasa de deformación después del sismo y 3) los registros muestran el cese del deslizamiento en la falla por hasta 6 años después de los cuales el deslizamiento se reactivó con la magnitud similar al de antes del sismo. Usando datos de la red de acelerómetros y modelación Coulomb 3, estamos calculando esfuerzo (respectivamente) dinámico y estático causado por el sismo EMC en las fallas con deslizamiento cosísmico registrado para encontrar que el esfuerzo dinámico es responsable del disparo. Para estudiar comportamiento postsísmico se analizan la magnitud y el signo de los cambios de esfuerzos estáticos de Coulomb causados por el sismo EMC y por la extracción de fluido en el campo geotérmico Cerro Prieto. Se puede concluir que la extra de EMC está causando cese de deslizamiento en las fallas más cerca de epicentro.

SIS-57 CARTEL

OBTENCIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO PARA EVENTOS DEL NORTE DE BAJA CALIFORNIA, REPORTADOS POR LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO

Yegres Herrera Luis Alejandro, Vidal Villegas Antonio, Núñez Leal María Alejandra y Mendoza Garcilazo Luis Humberto
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 yegres@cicese.mx

La obtención del tensor de momento sísmico (TMS) a partir de la inversión de formas de onda, aún es poco utilizada para la caracterización sismo-tectónica de una región. El poder utilizar la forma de onda de los eventos sísmicos, ofrece una buena estimación de la geometría de la estructura sismogénica, de esta manera a partir de la inversión de la misma, se puede obtener el TMS y con él, poder conocer las características de la fuente. Para el noroeste de México, específicamente en el norte de Baja California, donde opera la Red Sismológica del Noroeste de México, se cuenta con una buena cobertura de estaciones y de modelos de velocidades confiables, para sus diversas provincias tectónicas: Sierras Peninsulares de Baja California y Valle de Mexicali, por tanto, es viable obtener el TMS para los eventos representativos de esta región. Se ha implementado el uso del programa ISOLA (Zahradník, J. & Sokes, E., 2018), para realizar el procesamiento y obtención del TMS para eventos de magnitudes mayores a 4 y característicos de las dos provincias tectónicas mencionadas, donde ocurre la mayor parte de la sismicidad en el norte de Baja California. Los resultados obtenidos para sismos en el Valle de Mexicali, Sierras Peninsulares y Sauzal, se corresponden a los parámetros obtenidos por los reportes sismológicos desarrollados en el momento de la ocurrencia de los eventos evaluados (magnitud, mecanismo focal) arrojando además el momento sísmico y la matriz de esfuerzos. Con este trabajo, se pretende realizar de manera más rutinaria el cálculo del TMS, para los eventos más importantes que ocurren en la región, incluso de manera automática con el uso de SeisComp.

SIS-58 CARTEL

CLASIFICACIÓN DE EVENTOS DE SLIP EN LA FALLA SALTILLO, VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Gutiérrez Peña Quiriat Jearim, Glowacka Ewa, García Arthur Miguel Ángel, Farfán Sánchez Francisco Javier y Sarychikhina Olga
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 quiriatj@gmail.com

La red de deformaciones de la corteza en el Valle de Mexicali (REDECVAM) fue instalada por el CICESE, y al momento cuenta con 26 años de datos. Esta red dispone de testigos, grietómetros e inclinómetros localizados sobre fallas locales, por lo que tiene posibilidad de registrar los movimientos en las fallas y procesos de deformaciones del suelo relacionados con sismicidad y subsidencia del terreno, causados ya sea por actividad antropogénica o por la tectónica (Glowacka et al., 2002). De los registros instrumentales se aprecia que la deformación tiene forma de creep (deslizamiento lento) monótono y eventos de slip (deslizamientos más rápidos) los cuales pueden ser esporádicos, disparados o cosísmicos. En el presente trabajo, nos enfocamos principalmente a estudiar la deformación en la falla Saltillo, ya que esta falla presenta eventos de slip con una mayor frecuencia que las otras fallas de la región. Además, analizamos solo datos de dos grietómetros instalados en el plano vertical sobre la falla y en dos diferentes periodos de tiempo. Para detectar eventos de slip primero aplicamos el algoritmo STALTA, el tiempo para la ventana corta fue de una hora y cinco horas para la ventana grande; posteriormente continuamos con selección manual más detallada. Para eventos de slip detectados medimos su amplitud y calculamos la velocidad máxima de cada evento, observando que el conjunto de todos los eventos de slip se separa en dos grupos, el primer grupo con velocidades y amplitudes pequeñas (amplitudes menores a 5 mm y la mayoría de las velocidades menores a 100 mm/día), y el segundo grupo con velocidades y amplitudes grandes (amplitudes mayores o iguales a 5.8 mm y la mayoría de las velocidades mayores a 100 mm/día). Además, seleccionamos eventos de slip que se parece que están disparados por los sismos, tanto locales como regionales. En este trabajo suponemos que el strain (tensión) dinámico (causado por las ondas sísmicas) es el que dispara los eventos de slip (e. g. Du et al., 2002). Para clasificar los sismos, dependiendo de sus magnitudes y distancias epicentrales calculamos la tensión usando la ecuación (11) de Agnew y Wyatt (2014). Se puede apreciar que la relación amplitud vs velocidad de deslizamiento es diferente para eventos de slip esporádicos y eventos de slip disparados, con eventos de slip disparados teniendo velocidad más grande para la misma amplitud de slip. La mayoría de los eventos de slip disparados están desencadenados por sismos con tensión entre 10^{-6} y 10^{-5} strain. Estamos analizando posibles causas de los fenómenos presentados.

SIS-59 CARTEL

LOS NIVELES DE RUIDO SÍSMICO DURANTE LA PANDEMIA Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES

Pérez-Campos Xyoli^{1,2}
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Seismological Laboratory, California Institute of Technology
 xyoli@igeofisica.unam.mx

Con el confinamiento impuesto con la pandemia por COVID19, se observó una reducción de los niveles de ruido sísmico en las estaciones sismológicas del mundo. Estaciones de la Red de Banda Ancha Servicio Sismológico Nacional instaladas en ciudades, y de la Red Sismica del Valle de México, también experimentaron esta reducción en los niveles de ruido. Tomando como nivel de ruido base la mediana del desplazamiento rms en la banda de 1 a 5 Hz, para días entre semana del año 2019, se han monitoreado las fluctuaciones del nivel de ruido diario desde enero de 2020. El mínimo nivel se alcanzó en la semana del 8 de mayo de ese año. Al menos en las estaciones que se encuentran en Ciudad de México (CDMX), hasta julio de 2022, no se ha regresado a los niveles base de 2019. En este trabajo se analiza la evolución de los niveles de ruido en 16 ciudades de México, incluyendo la CDMX. En particular, para esta última se revisan las diferencias en el comportamiento en estaciones que se encuentran en planteles escolares con respecto a otros sitios; además, se analizan los días en 2022 en los que hubo contingencia ambiental en la ciudad, con respecto a los de 2019 con el objetivo de evaluar si el tráfico vehicular es la principal fuente de ruido sísmico registrado en las estaciones.

SIS-60 CARTEL

DETERMINACIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO MEDIANTE LA INVERSIÓN DE FORMA DE ONDA DE LA SECUENCIA SÍSMICA DE NACAZARI, SONORA DE JULIO DE 2021

González Hernández José Luis¹, Quinteros Cartaya Claudia Beatriz M.² y Castro Escamilla Raúl Ramón³

¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²Frankfurt Institute for Advanced Studies
³División de Ciencias de la Tierra, CICESE
 jose.gonzalez8186@alumnos.udg.mx

Durante el periodo de Julio-Septiembre del 2021, se registró una secuencia de poco más de 100 sismos de magnitud Mw # 5.2, que ocurrieron en las cercanías de la Ciudad de Nacozari de García, en el estado de Sonora, México. La sismicidad conocida en esta región se ha caracterizado por ser de magnitudes pequeñas a moderadas, y generada por fallamientos asociados, principalmente, a la deformación extensional de la provincia Basin and Range. Sin embargo, aunque no con gran frecuencia, algunos sismos históricos con magnitudes significativas también han ocurrido en esta región; tal es el caso del sismo de Bavispe, Mw 7.4, de 1887. La reciente secuencia sísmica de 2021 ocurrió en la zona epicentral del sismo de Sonora de 1887 y ofrece la oportunidad de estudiar la situación actual de la tectónica de esta región. En este estudio, analizamos los registros de los sismos con magnitudes 4 # Mw # 5.2 de la secuencia de 2021 y determinamos los mecanismos focales mediante la estimación del Tensor Momento, aplicando la inversión de la forma de ondas sísmicas. Como resultados encontramos que los sismos analizados tienen principalmente mecanismos focales de tipo normal, asociados a las fallas de Oates y Teras. También determinamos el patrón de radiación, la función temporal de la fuente, la Magnitud de Momento y la localización del Centroide, así como las incertidumbres asociadas. En este sentido, se espera que los resultados de los parámetros focales obtenidos sirvan para la caracterización de los sistemas de fallas activas y procesos tectónicos presentes en esta región.

SIS-61 CARTEL

MODELADO DE FORMA DE ONDA

Vázquez Zarate Elsy Lizbeth y Romero de la Cruz Oscar Mario
 Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 elsy.vazquez97@outlook.es

La forma de onda registrada en un receptor sísmico es la interacción compleja de la fuente sísmica y la estructura interna de la Tierra, además de ser incluidos factores como la atenuación y la respuesta instrumental. Esta compleja interacción de factores se representa mediante el concepto de convolución, lo que permite estimar una forma de onda que puede aproximarse a una forma de onda observada de un sismograma. La selección de eventos a distancias telesísmicas facilita el proceso del modelado ya que la transmisión de la energía sísmica es principalmente a través del manto, donde el material es más homogéneo que la corteza. En contraste, para eventos regionales donde la transmisión de energía sísmica es a través de un material con mayor heterogeneidad, suele complicarse el trayecto de la propagación de ondas debido a la complejidad de la serie reflectiva de la estructura sísmica. En este trabajo se considera primeramente obtener la forma de onda de los primeros arribos en una sola estación de observación para eventos telesísmicos. De manera simple y directa, se estiman los desplazamientos $u(t)$ de la onda P en el campo lejano a partir de la función de fuente $s(t)$, la cual representa los desplazamientos en la ruptura de la falla para distintas formas, desde un impulso, una función cajón, función rampa, o triangular. El patrón de radiación está directamente asociado en la determinación de los elementos de la orientación de la falla: rumbo $\#$, inclinación

$\#$, y la dirección de su vector deslizamiento $\#$, sobre el plano de falla. Finalmente, se considera que la función de reflectividad utilizada consta de solo tres impulsos: el primero, correspondiente a la onda directa y escalada por el patrón de radiación RP, y los restantes, que corresponden a las reflectividades RpP y RsP. Posterior al control del modelo directo de la forma de onda, se pretende realizar el proceso inverso para estimar los parámetros de orientación del plano de falla para la fuente sísmica, y continuar la aplicación de esta metodología para eventos de carácter regional para sismos en el norte de México.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizador
Lucia Capra

VUL-1

RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DEL SECTOR CENTRO - MERIDIONAL DE LA FAJA VOLCÁNICA DE LA GIGANTA (ARCO COMONDÚ), B.C.S. MEXICO

Hernández-Serrano Naomi Guadalupe¹, Pérez Venzor José Antonio¹, Aranda Gómez José Jorge² y Camarena Vázquez Jesús Guillermo¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Centro de Geociencias, UNAM

mayomishernandez15@gmail.com

El área de estudio está localizada a 100 km al norte de la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Comprende desde Las Pocitas en el oeste hasta San Evaristo al oriente. El área de estudio es parte de lo que se ha denominado como Grupo Comondú (Arco Comondú) que forma un sistema orográfico (Sierra de La Giganta) que cubre la parte oriental del estado de Baja California Sur, desde Santa Rosalía hasta La Paz. Actualmente existen trabajos tanto al norte como al sur del área de estudio con diferentes objetivos, sin embargo, hay poca información referente a la geología del transecto, que sumado a la diversa nomenclatura utilizada dificulta las correlaciones de dichas unidades y publicaciones con respecto a otras áreas de la región. El sistema orográfico de la Sierra de La Giganta, en el transecto Las Pocitas-San Evaristo geomorfológicamente tiene variaciones desde zonas de planicies y bajas elevaciones, (al occidente en Las Pocitas), hasta zonas de cañadas, montañas y escarpes pronunciados (al oriente en el escarpe principal del Golfo de California y San Evaristo). Litoestratigráficamente en el área afloran principalmente rocas volcánicas y volcano-sedimentarias del Mioceno que yacen sobre rocas sedimentarias marinas. Estas rocas volcánicas y volcano-sedimentarias han sido divididas en tres sucesiones: una inferior (compuesta de areniscas e ignimbritas), una intermedia (donde dominan las rocas vocano-clásticas y aflora un derrame de andesitas), y la superior (ignimbrita, brechas, conglomerados y areniscas). El trabajo expone los resultados alcanzados a la fecha.

VUL-2

VULCANISMO FÉLSICO DEL CAMPO VOLCÁNICO RÍO SANTA MARÍA: INTEGRACIÓN Y REDEFINICIÓN DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS PARA UNA CORRELACIÓN REGIONAL

Serna-Bafún José Helios¹, Aguillón Robles Alfredo¹, Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús², Tristán-González Margarito¹ y Jaimés-Viera María del Carmen²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología

²Centro de Geociencias, UNAM

helios_bafun@hotmail.com

El Campo Volcánico Río Santa María (CVRSM) representa el extremo suroriental de la provincia volcánica Sierra Madre Occidental abarcando partes de los estados de San Luis Potosí y Guanajuato. La secuencia volcánica del CVRSM inició en el Eoceno tardío con la emisión fisural de flujos aislados de lava andesítica al norte y centro del campo, seguidos de domos riolíticos oligocénicos a través de todo el campo, que a su vez fueron parcialmente cubiertos por ignimbritas riolíticas de gran volumen extendiéndose a todo lo largo del CVRSM y parte del estado de Querétaro. El vulcanismo post-ignimbrito incluye cadenas de domos dacíticos orientados NW-SE y domos riolíticos distribuidos por todo el campo, culminando en el Mioceno con flujos de lava basáltica que afloran de manera dispersa como mesetas. La estratigrafía volcánica del CVRSM fue ampliamente estudiada por diferentes investigadores del Instituto de Geología de la UASLP desde los 80s mediante el levantamiento de la cartografía geológica y la primera nomenclatura de las unidades volcánicas. Sin embargo, existe una diversidad de nombres aplicados a unidades que presentan una posición estratigráfica y características litológicas similares que derivó en una estratigrafía de uso local y confusa. El presente trabajo tiene como objetivo revisar estas unidades previamente descritas, e integrarlas con la nueva cartografía geológica realizada en este proyecto con el fin de organizar la estratigrafía regional en grupos volcánicos, documentándolos con nuevos datos de petrografía, geoquímica y geocronología. A partir de estos estudios se logró simplificar la columna estratigráfica regional del CVRSM y afinar la cartografía geológico-estructural. Se definen cinco grupos estratigráficos: Andesitas Basales, Domos El Carmen-Palo Verde, Ignimbritas El Órgano-Santa María, Domos Ojo Caliente-Potrillo y Domos Riolíticos. Este trabajo aporta evidencias que dan indicios sobre el origen magmático de los grupos volcánicos, y se presenta la

versión unificada de la cartografía geológica del CVRSM plasmada en un nuevo mapa geológico elaborado mediante un SIG. Se agradece el financiamiento de los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT IN106618 y IN108621, y una beca CONACYT al primer autor.

VUL-3

ACTIVIDAD EXPLOSIVA DEL HOLOCENO EN LA CALDERA DE LA PRIMAVERA, JALISCO, MÉXICO

Sourisseau Delphine¹, Arce José Luis¹ y Macías José Luis²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

d.sourisseau@geologia.unam.mx

La caldera de La Primavera es un complejo volcánico riolítico Cuaternario, ubicado en la parte occidental del Cinturón Volcánico Transmexicano. Después de la formación de la caldera hace ~95 ka, se emplazaron varios domos y estratovolcanes en el borde, dentro y fuera de la caldera. Esta actividad estuvo acompañada por la formación de quince depósitos piroclásticos (unidades GP y A-N) entre 86.4 ka y el presente. Recientemente se ha identificado una secuencia constituida por flujos y oleadas piroclásticas (denominada unidad O), emplazadas sobre un paleosuelo fechado por radiocarbono en 6.4 ka. Esta secuencia piroclástica tiene una composición riolítica, cuya composición de elementos traza sugieren que puede estar asociada a la estructura Colli, el cual tiene concentraciones muy similares en estos elementos. El Colli es un domo riolítico de 1.9-2.3 km de diámetro y 0.3130 km³ de volumen. Los resultados de este trabajo indican que la erupción explosiva más reciente de la caldera La Primavera (unidad O) provino del domo Colli, ubicado muy cerca, en el noroeste de la Zona Metropolitana de Guadalajara, la tercera ciudad más poblada de México (5 millones 268 habitantes, INEGI 2020). Este evento volcánico relativamente reciente y la actividad geotérmica actual observada dentro de la caldera son probablemente los resultados de la recarga de nuevo magma riolítico en el sistema La Primavera. Por lo tanto, debe de tomarse en cuenta a La Primavera en cuestiones de peligro volcánico, ya que no se debe descartar una posible erupción volcánica en el futuro, con base en la edad obtenida para la unidad O.

VUL-4

CONSTRUCCIÓN DE GRANDES CALDERAS ACTIVAS HOSPEDANDO SISTEMAS GEOTÉRMICOS, PERSPECTIVAS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LOS HUMEROS

Carrasco Gerardo¹, Cavazos-Álvarez Jaime¹, Dávila Harris Pablo², Bonini Marco³, Giordano Guido⁴, Corbo Fernando¹, Hernández Javier¹, López Penélope¹ y Lucci Federico⁵

¹Centro de Geociencias, UNAM

²IPICYT

³Institute of Geosciences and Earth Resources, Florencia, Italia

⁴Universidad de Roma Tre, Italia

⁵Universidad de Bari, Italia

gerardoc@geociencias.unam.mx

Las calderas son sistemas volcánicos que comúnmente presentan historias geológicas complejas durante su formación, debido a la interacción de diferentes factores que dan lugar a una amplia diversidad de composiciones, estilos eruptivos, y procesos magmáticos, generando una intrincada estructura interna que es importante entender, particularmente en sistemas activos que hospedan un reservorio geotérmico, como es el caso del Complejo Volcánico de Los Humeros (CVLH). Este complejo, ubicado en la parte septentrional del sector oriental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, es un ejemplo de la naturaleza compleja que caracteriza a las calderas, registrando periodos alternados de alta explosividad con episodios efusivos, una fuente magmática heterogénea y el traslape de múltiples eventos de colapso caldérico. Los resultados generados en trabajos recientes sobre la evolución geológica del CVLH, han servido de base para realizar un análisis detallado sobre la configuración de las diferentes estructuras caldéricas identificadas, soportado por datos geofísicos e información petrológica de los productos eruptivos, con lo cual se propone modelo novedoso de ensamblaje de las estructuras caldéricas mayores que componen el CVLH. Este complejo se caracteriza por al menos dos grandes eventos formadores de caldera: Los Humeros, la caldera mas antigua y grande (164 ka, ca. 17km diámetro máximo), anidada a ella, Los Potreros, mas joven y pequeña (69 ka, ca. 10 km diámetro máximo). En ambos casos, se trata de calderas combinadas de tipo bizagra-asimétrica y en bloques, que

han sido el resultado, cada una de ellas, de múltiples episodios de colapso caldérico, seguidos por fases de colapsos menores (crecimiento progresivo) de los escarpes (bordes) de las calderas, que han dado lugar a su configuración actual. Además de estas afectaciones estructurales, la geología del subsuelo presenta múltiples discontinuidades litoestratigráficas, que incluyen cambios drásticos de litofacies de soldamiento para la llamada roca sello del sistema geotérmico (Ignimbrita Xáltipan), lo que representa variaciones importantes de la permeabilidad de las rocas a profundidad. La actividad post-caldérica se manifiesta como una fase de resurgencia inducida por la inyección de múltiples intrusiones de pequeños cuerpos de composición silícica que deformaron la parte central del CVLH. El vulcanismo holocénico registra la inyección recurrente de magmas de composiciones muy diversas que representan un sistema magmático complejo (polibárico), con paquetes de magmas emplazados desde diferentes profundidades (3-30 km), lo cual indica la evolución contrastante de un sistema magmático múltiple, activo hoy en día, derivado de un reservorio de gran tamaño, conformado durante la etapa caldérica. Esta investigación fue financiada por el proyecto PAPIIT-UNAM IN109220.

VUL-5

EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL Y VARIACIÓN DEL ESTILO ERUPTIVO DEL CAMPO VOLCÁNICO MONOGENÉTICO DE LA CUENCA SERDÁN-ORIENTAL, PUEBLA

Cavazos Álvarez Jaime Alberto¹, Carrasco Núñez Gerardo¹, Sosa-Ceballos Giovanni² y Lucci Federico³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Departamento de Ciencias Geomicrobiológicas y de la Tierra, Universidad de Bari
geo.cavazos@hotmail.com

Los campos volcánicos monogenéticos son el reflejo superficial de una compleja interacción entre los procesos magmáticos y corticales a nivel regional. Para entender esta interacción es importante estudiar la distribución, temporalidad, composición y estilo eruptivo de los diversos volcanes monogenéticos que forman estos campos volcánicos. La cuenca Serdán Oriental (CSO), ubicada en el sector oriental del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), alberga un campo volcánico monogenético constituido por diversos volcanes, incluyendo conos de escorias, maars, anillos de tobas, domos y flujos de lavas, con estilos eruptivos que varían de magmáticos a freatomagmáticos y de explosivos a efusivos, así como un amplio espectro composicional que va desde basáltico hasta riolítico; todos estos coexistiendo temporal y espacialmente. A pesar de los múltiples trabajos que describen algunos de estos volcanes, no existe hasta el momento un estudio regional que permita explicar el origen y la evolución espacio-temporal de este vulcanismo. Esta investigación presenta un modelo evolutivo del vulcanismo en la CSO a partir de un análisis geoespacial de la distribución y temporalidad sus bocas eruptivas, así como de nueva información geoquímica, petrográfica y cronoestratigráfica. Adicionalmente, se aportan nuevas evidencias que permiten describir el sistema magmático e identificar cuáles son los factores corticales que controlan el emplazamiento del vulcanismo, así como las zonas volcánicamente más activas. Un estudio de esta naturaleza es de gran relevancia ya que los reportes de la actividad eruptiva en la CSO, y en la adyacente caldera de Los Humeros, indican que el vulcanismo en este sector del CVM se encuentra activo, lo cual tiene importantes implicaciones de peligro volcánico y potencial geotérmico que deben de ser evaluadas.

VUL-6

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL VULCANISMO FÉLSICO DE LA SIERRA DEL TZIRATE, CAMPO VOLCÁNICO MICHOCÁN GUANAJUATO (CVMG), MEXICO: ESTUDIO DE PETROLOGÍA EXPERIMENTAL Y GEOQUÍMICA

Boijseaneau López Mario Emmanuel¹ y Sosa-Ceballos Giovanni²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

cswasa@gmail.com

La presencia de eventos volcánicos félsicos dentro del tiempo de actividad del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato (CVMG) representa un tema de interés petroológico. Esto debido a que los procesos petrogenéticos que generan a las rocas félsicas en arcos volcánicos intrínsecamente implican procesos de evolución magmática y estancamiento en la corteza superior. La Sierra del Tzirate (ST) representa uno de los puntos más importantes de vulcanismo intermedio-félsico en el CVMG y está formada por un clúster de domos y productos efusivos con edades ~1 Ma. En este trabajo usamos datos geológicos, petrográficos, geoquímicos, isotópicos y experimentales para estudiar los procesos petrogenéticos que dieron origen a las magmas félsicos de la ST. La composición química de las rocas en la ST va de andesitas a riolitas (~55 – 70 wt% de SiO₂), con valores isotópicos entre 7.15 – 9.43 (#O18), 0.07037 – 0.07043 (87Sr/86Sr), 1.82 – 4.27 (#Nd) y está formada por una paragénesis de Pl + Opx + Cpx ± Amp ± Bt. La mayoría de los productos efusivos de la ST muestran evidencias de desequilibrio representado por texturas de disolución y bordes de reacción como los observados en anfíboles, piroxenos y plagioclasas. En este trabajo también se realizaron experimentos hidrotermales con la finalidad de observar procesos de asimilación o mezcla entre dos componentes.

Las condiciones en las que se realizaron los experimentos hidrotermales son 180 Mpa, 880 – 900°C y 6 wt% H₂O con una muestra de la ST con 60.9 wt% SiO₂. Dichos experimentos fueron dopados con un material asimilante de composición granodiorítica (64.4 wt% SiO₂) y corridos durante ~23 horas por debajo de las condiciones de liquidus. Los experimentos muestran que la interacción entre estas dos rocas generó la reacción Melt 1 + Granodiorita = Melt 2 + Cristales Peritéticos, además de remanentes de asimilante con huellas de disolución. Los resultados geoquímicos, mineralógicos y texturales sugieren que las rocas félsicas de la ST son el resultado de un cúmulo de procesos de evolución magmática que le ocurre a una serie de fundidos máficos tipo CVMG que se estanca en la corteza superior, los cuales están subordinados a los cambios de esfuerzos en los sistemas de fallas regionales. Este cambio de esfuerzos ocurre en episodios a lo largo del tiempo y genera que en ciertas zonas del CVMG el arreglo típico de fallas normales ~E-W se vea interrumpido por sistemas transpresionales que generan fallas con dirección preferencial ~N-S. De tal forma, en la intersección de estos dos sistemas de fallas los magmas se pueden almacenar y evolucionar hasta un nuevo cambio en el campo de esfuerzos que permite su ascenso a la superficie. Esto demuestra que el entrapamiento de magmas en la corteza superior, por debajo del CVMG, puede ser un factor importante para explicar la evolución y diversidad de sus magmas.

VUL-7

EL ÍNDICE DE EROSIÓN PROMEDIO, UNA NUEVA HERRAMIENTA MORFO-CRONOMÉTRICA PARA ESTIMAR LAS EDADES RELATIVAS DE CONOS DE ESCORIA EN CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS

De la Cruz-Reyna Servando¹ y Zarazúa-Carbajal María Cristina²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²I. Geofísica-SNI-CONACYT P.A.I.

sdelaacruz@gmail.com

Se presenta un nuevo método morfocronométrico para estimar las edades relativas de conos volcánicos de escoria en campos monogenéticos, basado en el análisis de las curvas de nivel obtenidas de un modelo digital del terreno con una resolución mejor de 12 m. El método se sustenta en la hipótesis de que los conos presentan una superficie lisa o llana al tiempo de su formación, y que esta se modifica a lo largo del tiempo por efectos de la ablación hidrometeorológica, formando cárcavas, surcos y barrancas cuyas dimensiones dependen de la edad del volcán. El método primero cuantifica la amplitud y anchura de las ondulaciones que representan esas características erosivas para cada curva de nivel de la parte media del cono, utilizando una descomposición en armónicos por medio de los Descriptores Elípticos de Fourier. A partir de allí se calculan los promedios de las desviaciones entre un contorno del DEM y cada contorno parcialmente reconstruido al agregar armónicos sucesivos, determinando así la contribución de cada armónico para reconstruir el contorno real y generando un análogo a un espectro de Fourier de los números de onda que más contribuyen a describir las ondulaciones del contorno. Mientras que los armónicos más bajos reflejan la forma del contorno de la superficie lisa del cono en el momento de su formación, armónicos altos reflejan los efectos de la erosión que alteran la forma suave de los contornos originales. La separación promedio de los contornos generados por los armónicos altos de los descriptores armónicos de Fourier representan entonces una medida del grado de erosión, dependiente de la edad, de ese cono volcánico a la que se denomina Índice de Erosión. Si el método se aplica a los contornos que mejor representan la forma del volcán situados alrededor de la mitad de su altura, y se promedian los índices de Erosión de cada contorno se obtiene el Índice de Erosión Promedio (AEI, por sus siglas en inglés), un parámetro que muestra una correlación significativa con las edades radiométricas de los conos con los que se ha probado este método. La relación edad-erosión por la función $\log(\text{Edad})=b+a \log(\text{AEI})$, donde a y b son parámetros que se calculan ajustando con los datos radiométricos disponibles, logrando, para un ejemplo de la Sierra Chichinautzin, un buen ajuste, cercano al 90% para un DEM satelital con resolución espacial de 12 m, en el rango de edades de 5 a 1200 ka.

VUL-8

INTERACCIONES VULCANO-TECTÓNICAS EN LA DISTRIBUCIÓN, MORFOLOGÍA Y VOLUMEN EMPLAZADO DE VOLCANES EN ESCUDO PEQUEÑO AL SUR DEL GRABEN DE PENJAMILLO, MICHOCÁN

Fitz Alvira Nestor¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela² y Avellán López Denis Ramón³

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

nestorfitz26@gmail.com

Generalmente en los campos volcánicos monogenéticos resulta muy evidente la relación que existe entre los procesos volcánicos y los sistemas de fallamiento, ya que se cree que las fallas son zonas de debilidad cortical que están controlando la distribución espacio-temporal, volumen y morfología de las estructuras volcánicas. Al sur del graben de Penjamillo, al norte del estado de Michoacán y noroeste del Campo Volcánico Michoacán – Guanajuato se encuentra un conjunto de cinco volcanes con morfología en escudo pequeño que coexisten con cuatro sistemas de fallas regionales con dirección N-S, E-W, NE-SW y NW-SE. Aunque se han realizado diferentes estudios de los sistemas de fallas activos dentro del Campo Volcánico

Michoacán – Guanajuato, existe la necesidad de realizar estudios detallados acerca de su relación con los sistemas volcánicos. Por lo tanto, este estudio, se enfoca en un análisis vulcano-tectónico que ayuda a entender la relación que existe entre los procesos volcánicos y tectónicos que favorecen a la formación y distribución de los volcanes con morfología en escudo pequeño. Dentro de este campo volcánico se han registrado al menos 378 volcanes de este tipo, siendo las estructuras que más destacan por su volumen, tamaño y morfología. Aunque estos volcanes no son los más abundantes dentro del campo volcánico, son considerados de gran importancia, debido a que estos emiten grandes volúmenes de magma durante su formación. El trabajo de campo, el análisis cartográfico y petrográfico, y la datación radiométrica $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ permitieron realizar un mapa geológico, definir la edad y estratigrafía de los cinco volcanes en escudo pequeño, revelando que estos volcanes fueron construidos por flujos de lava de composición de andesita-basáltica, durante el Pleistoceno, con volúmenes entre 1.2 y 2 km³. Se sugiere que el volumen de magma emitido, la morfología y la distribución espacio-temporal de estos volcanes en la parte sur del graben de Penjamillo estuvo controlada por las estructuras tectónicas y el campo de esfuerzos regional.

VUL-9

ENJAMBRE DE DIQUES ALIMENTADORES DEL CONO DE ESCORIA CERRITO COLORADO, CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Avellán López Denis Ramón², Macías José Luis³, Cisneros-Máximo Guillermo³, Sánchez Juan Manuel¹ y Miggins Daniel⁴

¹CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto Politécnico Nacional-CIEMAD

⁵College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University
gabriela.gomez@umich.mx

Los conos de escoria son las geoformas volcánicas más comunes del planeta, por lo que comprender su sistema alimentador de magma, dinámica eruptiva y los factores que controlan su geometría y emplazamiento es de suma importancia para evaluar el peligro volcánico. En el centro de México existen numerosos conos de escoria que están siendo explotados como bancos de material para la construcción. En algunas ocasiones, en los bancos de material se dejan expuestos los diques alimentadores de estos volcanes, lo que nos permite estudiar de manera directa estas interesantes estructuras volcánicas. El cono de escoria Cerrito Colorado es el primer volcán en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato en el que se estudia a detalle su sistema alimentador. Este volcán presenta seis diques alimentadores ortogonales entre sí: cuatro de ellos orientados N-S, y dos orientados E-O. Los diques N-S están intruyendo una falla preexistente y los E-O formaron su propia fractura extensiva, siguiendo el campo de esfuerzos regional al momento de la erupción, demostrando que las intrusiones magmáticas pueden estar controladas por esfuerzos tectónicos regionales, locales, o por discontinuidades en la corteza. Nuestro estudio demuestra lo complejo que puede ser el sistema alimentador de magma en un cono de escoria, el cual es un reflejo de la inestabilidad de las erupciones estrombolianas. Pequeños cambios en el campo de esfuerzos o en la presión del magma al momento de la erupción podrían inducir alteraciones en la dinámica eruptiva con implicaciones importantes en el peligro volcánico.

VUL-10

ACTIVIDAD VOLCÁNICA ALREDEDOR DEL PICO DE TANCÍTARO

Perton Mathieu¹, Denis Legrand² y Macías José Luis³

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

mathieu.perton@gmail.com

Presentaremos el análisis de los enjambres sísmicos que ocurrieron alrededor del pico de Tancítaro así como sus relaciones con un reservorio magmático profundo. También se describirá la migración del magma dentro de una red de diques durante el enjambre de 2020 y la sismicidad más superficial que ocurrió después de la parte del enjambre ligada a la migración magmática. Esta última sismicidad tiene un peligro sísmico importante mientras que el enjambre ligado a la actividad volcánica informa sobre el peligro volcánico.

VUL-11

EL RECIENTE ENJAMBRE SÍSMICO EN EL ÁREA DE TANCÍTARO-PARICUTÍN, MICHOACÁN: IMPLICACIONES AL RIESGO SÍSMICO Y VOLCÁNICO

Caballero-Jiménez Gema Victoria¹ y De la Cruz-Reyna Servando²

¹Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

²Instituto de Geofísica, UNAM

gemavic83@gmail.com

El campo volcánico monogenético de Michoacán-Guanajuato (CVMMG), localizado en la porción central-occidental de la Faja Volcánica Mexicana es una de las más grandes manifestaciones de volcanismo disperso, con cerca de 1400

estructuras volcánicas cubriendo un área de alrededor de 40,000 km². Dos de esas estructuras son conos monogenéticos formados por erupciones muy recientes: Jourullo (1759-1774) y Parícutin (1943-1952). Ambas erupciones causaron daños significativos, principalmente por flujos de lava inundando tierras cultivables, y ambas fueron precedidas por una sismicidad moderada ($M < 5$) pero prolongada y en ocasiones lo suficientemente fuerte para ser sentida y causar daños limitados a las estructuras. Una característica de esa sismicidad de enjambre es la ausencia de eventos "principales" y por tanto el incumplimiento de la ley de Omori. Los enjambres sísmicos pueden producirse en diferentes ambientes geológicos y tectónicos y ser originados por esfuerzos tectónicos de características específicas, o por fenómenos de origen kárstico derivados de anomalías en la presión de poro, o por desplazamientos de magma o fluidos de origen magmático. Asimismo, se han reportado enjambres sísmicos causados por actividad hidrotermal o por inestabilidades en glaciares. La mayoría de estas fuentes de sismicidad pueden conducir a situaciones potencialmente peligrosas o riesgosas. Cuando un enjambre sísmico surge en una región en que alguna o varias de esas posibles fuentes está presente, surge el reto de identificar su fuente y las posibles consecuencias que pueda tener de acuerdo con su origen. En el caso de un origen volcánico existen los claros precedentes en el CVMMG de las actividades sísmicas que precedieron a las erupciones del Jourullo y del Parícutin, medidas instrumentalmente para el segundo caso. Después de 45 años de calma en la región del Parícutin, se han detectado enjambres sísmicos en 1997, 1999, 2000 y 2006, pero sin manifestaciones volcánicas visibles. Recientemente, iniciando el 5 de enero de 2020 se inicia la mayor actividad de enjambres sísmicos detectados en esa región, los cuales han causado considerable inquietud entre la población y las autoridades. Aquí presentamos el desarrollo de esa actividad y discutimos e interpretamos las posibles causas y consecuencias de esos enjambres a la luz de un análisis sísmico detallado de la distribución espacial y temporal de los hipocentros.

VUL-12

DEFINICION GRAVIMETRICA DE LAS CAMARAS MAGMATICAS DEL COMPLEJO VOLCANICO POPOCATEPETL-IZTACCIHUATL

Álvarez Román¹ y Camacho Miguel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

roman.alvarez@imas.unam.mx

Los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl han sido estudiados en forma independiente con diferentes metodologías geofísicas. Aquí utilizamos gravimetría satelital de alta resolución para investigar el interior de los dos volcanes en forma simultánea; esto permite definir sus respectivas cámaras magmáticas y sus relaciones a profundidad. Iniciando con la anomalía de Aire Libre procesamos los datos gravimétricos con resoluciones de ~220 m hasta obtener la Anomalía de Bouguer (AB) Completa sobre la región de estudio. Seleccionamos un área que contiene a los dos volcanes para efectuar una inversión 3D a partir de la AB, de tal forma que los valores en mGal son convertidos a densidades en g/cm³. La resolución de la inversión es de prismas de 1 km y la profundidad alcanzada es de 11 km. En una sección N-S, los centros de las dos cámaras magmáticas presentan las más bajas densidades y están a elevaciones similares (~2000 m), o ~3 km bajo las cimas de los volcanes. Apparently estas dos cámaras superficiales están alimentadas por una más profunda, por debajo de 11 km de profundidad, observándose una alimentación vertical en el caso del Iztaccíhuatl, mientras que la equivalente en el Popocatepetl sigue un ángulo de 21° respecto a la vertical, justificando la migración de la actividad volcánica hacia el S. La cámara del Popocatepetl puede ser representada por una esfera de 1.5 km de diámetro y su chimenea está bien definida, mientras que el Iztaccíhuatl presenta una cámara extendida 8 km en la dirección N-S, lo que explica la existencia de varias cimas de ese edificio en esa dirección. Estas características de las cámaras son corroboradas extrayendo de la inversión 3D geo-superficies que contienen regiones de densidades menores a 2.17 g/cm³; aparecen tres de estas zonas, todas indican que continúan por debajo del límite de la inversión a regiones más profundas. Dos zonas corresponden a las cámaras magmáticas de los volcanes y la tercera, al E de la cordillera, termina en una elevación de ~2200 m y parece no tener efectos superficiales. Una sección E-W a través de la parte central del Iztaccíhuatl define una zona de baja densidad de 5 km de anchura, encajonada por materiales de alta densidad, que interpretamos como una de las chimeneas de la estructura; en la región de baja densidad al E de la cordillera podemos identificar una cámara magmática claramente separada de la correspondiente a la parte central, pero que carece de manifestaciones superficiales. La sección de baja densidad del Popocatepetl en la dirección E-W, que claramente desemboca en la superficie, es también de alrededor de 5 km. Concluimos que, hasta una profundidad de 11 km, aunque diferenciados en esa región, las cámaras magmáticas superficiales de estos dos volcanes están alimentadas por lo que parece ser una fuente común a mayor profundidad.

VUL-13

ESTRUCTURA DE DOMO SAN PEDRO (NAYARIT) USANDO RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL

Caló Marco¹, Muñoz Francisco², Lupi Matteo³ y Reyes-Orozco Violeta Mirthala³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Université de Genève UNIGE³Grupo Dragón

calo@geofisica.unam.mx

Domo San Pedro, Nayarit, es un complejo volcánico ubicado en una región de extensión asociada al proceso de subducción de la placa de Rivera por debajo de la placa Norte Americana. Su actividad más reciente es estimada en 27-55 ka y la naturaleza dacítica y riolítica del domo contrasta con formaciones basálticas en sus alrededores. Los modelos propuestos usando análisis petrológicos proponen la presencia de sistemas independientes donde los diferentes productos son originados por diferentes fuentes magmáticas y a diferentes profundidades. En este contexto muy complejo una planta geotérmica ha sido instalada en las faldas del domo debido a la presencia de un sistema hidrotermal de alta entalpía. En 2021, se llevó a cabo una campaña de monitoreo sísmico realizada en colaboración entre la UNAM, la Universidad de Ginebra y el grupo de exploración geofísica de la planta geotérmica Grupo Dragón, donde se instalaron 20 estaciones de banda ancha en los alrededores del domo durante 10 meses. Los registros continuos se utilizaron tanto para detectar la sismicidad local como para generar el primer modelo tridimensional de la región usando la técnica de tomografía sísmica de ruido ambiental. La buena cobertura de datos y las pruebas de resolución sugieren que el modelo es capaz de describir cuerpos anómalos de 1.9x1.9 km y resolver capas de por lo menos 0.3 km de espesor. El modelo permite identificar anomalías de velocidad asociadas a la estructura del complejo volcánico en los primeros 3.5-4 km de profundidad permitiendo la descripción en detalle de la parte somera de los conductos que han alimentado la actividad efusiva del complejo volcánico y la forma del reservorio geotérmico actualmente en explotación. Proyecto realizado gracias a los apoyos de la plataforma REPIC (<https://www.repic.ch/en/domo-san-pedro-dos-pegas/>) y del proyecto de colaboración UNAM-GRUPO DRAGON "Red de Monitoreo Sísmico del campo geotérmico de Domo San Pedro, Nayarit"

VUL-14

EVALUACIÓN DE LA TRANSFORMADA CONTINUA DE ONDELETAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS E INFRASONIDO DEL VOLCÁN DE COLIMA

López Vega Jesús Eduardo¹, García Sandoval Cristian Alexis¹, Vargas Bracamontes Dulce M.² y Arámbula Mendoza Raúl³¹Facultad de Ciencias, Universidad de Colima²CONACYT - Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima³Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima

jesuseduardo_lopez@uocol.mx

Los volcanes son fuente de una gran variedad de señales sísmicas cuya distribución temporal puede variar desde eventos transitorios individuales hasta señales continuas del orden de horas, días e incluso años. El análisis en tiempo-frecuencia constituye una herramienta fundamental para la representación y caracterización de señales volcánicas, las cuales comúnmente son analizadas por medio de la tradicional transformada seccional de Fourier (STFT). Sin embargo, el uso de ventanas de longitud fija inherente a dicha transformada, ocasiona una serie de limitantes en el análisis en tiempo-frecuencia. La transformada de ondeletas surge como una alternativa que, al involucrar escalas variables, genera una descomposición en tiempo-frecuencia capaz de adaptarse a las señales volcánicas en un amplio rango espectral. En este trabajo se examina la aplicación de la transformada continua de ondeletas (CWT) en señales sísmicas y de infrasonido del Volcán de Colima. Para esto se elaboró un catálogo de eventos del período 2012-2019, entre los cuales se seleccionó sismos de período largo (LPs), sismos volcano-tectónicos (VTs), tremor armónico, sismos de espectro bandeado, explosiones, derrumbes, corrientes de densidad piroclástica (PDCs) y lahares. Así mismo, se seleccionó señales de infrasonido asociadas a las explosiones de gran intensidad del 2017. Las señales fueron analizadas con la ondeleta de Morlet cuyo parámetro clave es el número de ciclos (w_0), el cual controla la compensación de la resolución en tiempo-frecuencia. La modificación de distintos valores de w_0 en los eventos analizados, sugiere que: valores convencionales de w_0 (5 a 8) son generalmente apropiados para LPs, VTs, derrumbes, PDCs y explosiones; valores > 10 son adecuados para eventos con atributos espectrales en las altas frecuencias; mientras que valores pequeños (3 ó 4), resultaron especialmente adecuados para señales de infrasonido asociadas a explosiones. La comparación de los resultados entre ambas transformadas, muestra que la CWT es superior en el análisis de señales de infrasonido y en señales sísmicas con un rango espectral amplio, formas transitorias, cambios discontinuos, señales con dominio en la banda de muy bajas frecuencias y señales donde sea de interés el ruido oceánico (lahares asociados a huracanes). Por otra parte, señales sin características espectrales singulares y de espectro reducido, no muestran diferencias significativas entre ambas técnicas. Por último, la detección de componentes armónicos y picos espectrales, son un caso donde la descomposición en tiempo-frecuencia de la CWT muestra una insuficiencia, para lo cual, se propuso implementar un rango variable del número de ciclos de la ondeleta, en lugar de utilizar por separado valores fijos de w_0 .

VUL-15

PRECURSORES SÍSMICOS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPLOSIONES DE BAJA INTENSIDAD DE 2019 DEL VOLCÁN DE COLIMA

López Vega Istría¹, Vargas Bracamontes Dulce M.² y Arámbula Mendoza Raúl³¹Facultad de Ciencias, Universidad de Colima²CONACYT - Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima³Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima

ilopez5@uocol.mx

El 11 de mayo del 2019 se presentó un evento explosivo de baja intensidad que fue antecedido por un enjambre de sismos volcano-tectónicos que predominó durante abril del 2019. Este evento constituye la primera manifestación de actividad volcánica externa del Volcán de Colima desde las explosiones vulcanianas de gran intensidad registradas en enero y febrero del 2017. En los días y meses siguientes a esta explosión, continuaron presentándose eventos explosivos de intensidad menor. En este trabajo, se caracteriza a dichos eventos registrados durante mayo y junio del 2019, para lo cual se emplearon tres métodos geofísicos actualmente implementados en el monitoreo continuo del volcán: sísmica, infrasonido y termografía. Además, estudiando a los tremores de baja amplitud que se registraron de manera recurrente en el periodo de octubre del 2018 a junio del 2019, se estimó el nivel de tremor previo y posterior a las explosiones menores presentadas. Así mismo, mediante el análisis del RSAM y SSAM se determinaron las variaciones generales de la sismicidad en este periodo. Los resultados obtenidos sugieren que los eventos explosivos y pulsos de emisión estudiados, se trataron de explosiones de gas con un proceso ausente de fragmentación del magma. En cuanto a los tremores de baja amplitud estudiados se propone que probablemente estén relacionados con la actividad fumarólica persistente y procesos de circulación de agua y gases al interior del edificio volcánico.

VUL-16

ESTUDIO DE UN CRECIMIENTO RÁPIDO DE DOMO DE LAVA Y SU DESTRUCCIÓN PARCIAL EN EL VOLCÁN DE COLIMA

Arámbula Mendoza Raúl¹, García Flores Rogelio de Jesús¹, Varley Nick², González Amezcua Miguel¹, Campion Robin³, Vargas Bracamontes Dulce M.⁴, Martínez Fierros Alejandro¹ y Ramírez Vázquez Carlos Ariel⁵¹Universidad de Colima, CUEV²Universidad de Colima, Facultad de Ciencias³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Cátedras-CONACYT adscrita al CUEV⁵Universidad de Colima, UCOL

raul_arambula@uocol.mx

El último crecimiento de un domo de lava del Volcán de Colima fue de septiembre a diciembre del 2016. Durante este periodo, ocurrieron eventos sísmicos de alta frecuencia (HFs) y baja frecuencia (LPs), dentro de estos eventos se encontraron familias que indicaban que existía una fuente repetitiva no destructiva y que variaron de la etapa efusiva (construcción del domo de lava) a la etapa explosiva (destrucción parcial del domo de lava). Adicionalmente, se observó un cambio en el Índice de Frecuencia (Fi) en los eventos que formaron familias, este cambio se produjo a principios de enero del 2017 y está asociado a un cambio de un proceso dúctil con eventos con mayor contenido en bajas frecuencias a un proceso frágil, en donde los eventos tienen un mayor contenido en altas frecuencias, esto debido al enfriamiento y cristalización del magma. Este análisis nos permite en un futuro monitorear por medio de estos eventos sísmicos y sus familias la transición de una etapa efusiva a una explosiva, con lo cual se pueden hacer las recomendaciones necesarias a las autoridades de Protección Civil. Como consecuencia de este cambio de régimen, se observó un aumento en la energía sísmica de las explosiones a partir de enero del 2017 como ha ocurrido en años anteriores.

VUL-17

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLÁSTICAS EN EL VOLCÁN SANTIAGUITO, GUATEMALA

Chun-Quinivil Kevin¹, Maldonado Moreno Edy Juan José², Chigna Marroquín Gustavo Adolfo³, Merida Boogher Roberto⁴, Ferrés Dolores⁵, Caballero Lizeth⁶ y Capra Lucia⁷¹INSIVUMEH - Guatemala²CONRED - Guatemala³ENCIT-UNAM⁴Facultad de Ciencias, UNAM⁵Centro de Geociencias, UNAM

kcechun@insivumeh.gob.gt

Guatemala es uno de los países de Centro América con el mayor número de volcanes activos, y altamente vulnerable ante la ocurrencia de erupciones explosivas acompañadas por el emplazamiento de corrientes de densidad piroclásticas (CDP). La erupción del 2018 del Volcán de Fuego, que provocó la desaparición de dos comunidades en el flanco sureste del volcán, puso de manifiesto la necesidad de actualizar los mapas de amenaza volcánica para los principales volcanes activos del país, herramienta fundamental para la gestión integral del riesgo. El volcán

Santiaguillo es considerado entre los volcanes más activos de Guatemala. El volcán es un complejo de domos formado en el cráter resultado de la erupción cataclísmica del Volcán Santa María ocurrida en 1902. Sus principales amenazas son la generación de CDP, lahares y caída de ceniza. Desde su formación el volcán ha registrado erupciones de moderada y gran magnitud, algunas de las cuales afectaron a las poblaciones aledañas, emplazadas principalmente al sur del complejo de domos. En el 1929 se registró la erupción de mayor magnitud, con el emplazamiento de CDP hasta distancias de 11 km. Desde 1977, la actividad eruptiva se concentra en el domo El Caliente, localizado al extremo oriental del complejo. En el 2014 una erupción vulcaniana produjo CDP que se emplazaron en la barranca del río Nimá I y alcanzaron una distancia de 7 km hacia el SE provocando daños a la infraestructura de fincas cafetaleras, principal sustento de la población de la zona. En 2016, entre enero y noviembre, por primera vez en la historia de Santiaguillo, se registra una serie de erupciones vulcanianas violentas. Esta actividad cambió la morfología del domo dejando un cráter de 60 metros de diámetro y 300 metros de profundidad. En septiembre inició un nuevo ciclo de crecimiento de un domo de lava que alcanzó una altura de 350 metros sobre el cráter original del domo El Caliente. A partir de diciembre 2020 la actividad se ha caracterizado por el emplazamiento de CDP hasta distancias de 3 km. En particular, en febrero del 2022, el colapso parcial del domo hacia el suroeste originó el emplazamiento de una CDP en la barranca San Isidro, actividad que continuó con el emplazamiento de un flujo de lava de composición dacítica que en la actualidad sigue avanzando. Las erupciones ocurridas en 1929, 2014 y 2020-presente se tomaron como referentes para establecer tres principales escenarios eruptivos con potencial para la generación de CDP. En este trabajo se presenta una evaluación preliminar de las zonas expuestas al emplazamiento de CDP, con base en simulaciones realizadas con el código TITAN2d, con diferente modalidad eruptiva, volumen y movilidad (ángulo de fricción basal), calibradas con evidencias de campo e información histórica. El trabajo es el resultado de una colaboración interinstitucional e internacional entre la UNAM, el INSIVUMEH, la CONRED y la Asociación Vivamos Mejor de Guatemala, con el financiamiento de la Cooperación Suiza, para la definición y fortalecimiento de un sistema de alerta temprana ante erupciones volcánicas en Guatemala.

VUL-18

LA CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LAHARES Y SU IMPORTANCIA EN LA CALIBRACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS

Caballero Lizeth¹, Tranquillo Carla², Sarocchi Damiano³,
Rodríguez-Sedano Luis Ángel⁴ y Cerca Fernanda⁵

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra

³Instituto de Geología, UASLP

⁴Cátedra CONACYT, Instituto de Geología, UASLP

⁵Posgrado en Ciencias en Geología Aplicada

lcaballero@ciencias.unam.mx

Los lahares son flujos de agua y sedimentos impulsados por la gravedad que ocurren en ambientes volcánicos. Su comportamiento está definido por factores como la morfología del terreno, el volumen, la concentración de sedimentos, la distribución granulométrica, entre otros. Todos ellos influyen en sus propiedades reológicas, ya que modifican la resistencia crítica, la viscosidad y la tasa de deformación durante el transporte, y por ende, influyen en su movilidad. La caracterización reológica de lahares plantea una tarea compleja, debido a que las muestras utilizadas, son suspensiones con características heterogéneas, que se enfatizan durante el proceso de medición. El grado de heterogeneidad de la muestra depende de la concentración de sedimentos, los procesos de segregación vertical y horizontal, además de la pérdida de humedad. Adicionalmente, las condiciones de estabilidad son influenciadas por la geometría de los reómetros o viscosímetros, el volumen de la muestra y al tipo de flujo generado en la geometría del aparato. Todo lo anterior se refleja en que los valores de resistencia crítica y viscosidad tienen variaciones de más de un orden de magnitud y en los diferentes modelos reológicos utilizados para representar su comportamiento no-Newtoniano. En la actualidad, la simulación de un evento de lahar se realiza a través de modelos computacionales, que requieren como parámetros iniciales, valores de resistencia crítica y viscosidad, por lo que los errores en la atribución de estos, repercuten en errores de calibración de los modelos. Lo anterior cobra mayor relevancia cuando se trata de delimitar áreas de inundación para los diferentes escenarios de peligro en los volcanes en los cuales son aplicados. En el presente trabajo se presenta un análisis del estado del arte en el estudio de la reología de lahares y datos relacionados con la caracterización reológica de suspensiones a través de trabajo experimental. Lo anterior tiene la finalidad de integrar y discutir las metas alcanzadas, así como plantear los retos actuales en esta disciplina para avanzar en la caracterización y el entendimiento de estos procesos, que generan un gran impacto en la sociedad.

VUL-19 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA DE LA IGIMBRITA TALA, CALDERA LA PRIMAVERA

Saucedo Ricardo¹, Salinas Ocampo Ulises¹, Macías José Luis², Sánchez Núñez Juan Manuel³,
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto¹, Avellán López Denis Ramón² y Cisneros-Máximo Guillermo²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Instituto Politécnico Nacional

rgiron@uaslp.mx

La caldera La Primavera esta ubicada en el occidente del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), dentro del Graben de Tepic-Zacoalco. El colapso caldérico ocurrió hace #95 ka y emplazó a la ignimbrita Tala (IT). Esta ignimbrita también denominada Río Caliente o Toba Tala, fue originalmente descrita en diversos estudios subsecuentes, donde primero se propuso la evolución de la caldera La Primavera en tres etapas (pre-syn y pos caldera) y posteriormente fue interpretada como una ignimbrita compuesta e intraplina. En ambos trabajos su origen se asoció a un conducto central, desestimando el desarrollo de conductos periféricos. En este trabajo reanalizamos la distribución de la ignimbrita Tala en facies intra (#81 km²) y extra (#715 km²) caldera. Realizamos más de 70 secciones estratigráficas mediante las cuales diferenciamos unidades estratigráficas e individualizamos facies para definir la arquitectura y los mecanismos eruptivos durante la formación de la caldera. Los resultados indican que la secuencia eruptiva que formó la ignimbrita Tala fue más compleja de lo que se había reportado. Se caracterizaron al menos 11 litofacies asociadas a por lo menos 4 fases eruptivas que dispersaron #55km³. Este volumen es intermedio al reportado en trabajos anteriores (#20 a 90 km³). El análisis estratigráfico permite ubicar una serie de conductos al centro de la caldera pero también en la periferia del anillo estructural, lo que indica que el proceso de formación de la caldera fue diferente al propuesto en estudios anteriores. Esta información es básica para reconstruir la evolución volcánica, y proponer un modelo de formación de la caldera, sin perder de vista el papel que debió jugar el complejo marco tectónico en el cual se desarrolló.

VUL-20 CARTEL

EVOLUCIÓN Y ESTRATIGRAFÍA PROXIMAL DEL VOLCÁN CITLALTÉPETL DURANTE EL HOLOCENO

Fernández Peña Juan Salvador¹, Gómez Vasconcelos Martha
Gabriela², Macías José Luis³ y Avellán López Denis Ramón⁴

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

salvador9726@gmail.com

El volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba es un estratovolcán activo en estado de quietud ubicado entre los estados de Puebla y Veracruz, y es el punto más alto de México (5,675 m snm). De acuerdo con su historia eruptiva, se trata de un volcán con una edad mínima de 0.65±0.71 (Hoskuldsson, 1992) Ma que ha tenido eventos volcánicos significativos durante el Holoceno, los cuales han consistido en erupciones explosivas y efusivas. Su actividad más importante es una erupción de tipo Pliniana hace ~9,000 años (Carrasco-Núñez & Rose, 1995), y algunos autores como Siebe et al. (1993) establecen un periodo de recurrencia eruptiva de 1,000 años. Es por esto que es necesario tener mayor conocimiento acerca de las erupciones recientes del volcán, y el estudio de los depósitos proximales podría arrojar resultados nuevos acerca de su comportamiento. Al mejorar su cronología y características eruptivas, podremos ser más conscientes de la magnitud de los peligros que puede generar el volcán y el riesgo que implica para la población mexicana. Este estudio consiste en la preparación de un nuevo mapa geológico a partir de un análisis morfológico y estratigráfico. Hasta el momento se han fechado y descrito en la literatura 44 depósitos explosivos en zonas distales y sólo dos efusivos, por lo que uno de los objetivos es complementar esta información centrándonos en las coladas de lava y depósitos proximales. Considerando los mapas geológicos previos (Carrasco-Núñez, 2000; Macías, 2005; Alcalá-Reygosa et al., 2020), se presenta un mapa geológico preliminar de la parte proximal del volcán, donde se detallan los flujos de lava y se actualiza la información geoquímica y petrográfica asociada a cuatro de estas coladas. Próximamente se complementará con edades radiométricas y correlación estratigráfica. Este trabajo mejorará el registro estratigráfico para comprender más acerca de las características eruptivas del volcán y sus periodos de actividad.

VUL-21 CARTEL

ESTUDIO VULCANO-TECTÓNICO DE DIQUES ALIMENTADORES DE CONOS DE ESCORIA AL NORTE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Cruz Cruz Karla Gabriela¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela² y Avellán López Denis Ramón³

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM

kgabriela.cruz2@gmail.com

Los volcanes con morfología de cono de escoria representan las estructuras volcánicas más comunes sobre la superficie de la Tierra, y principalmente conforman campos volcánicos monogenéticos. Las erupciones de los conos de escoria son alimentadas por conductos laminares discordantes que se conocen como diques. Numerosos estudios vulcano-TECTÓNICOS sobre diques alimentadores a nivel mundial indican que la mayoría de ellos se propagan por medio de fracturas generadas por los esfuerzos principales al momento de su emplazamiento, por tanto, son importantes indicadores del paleo-estrés. Además, proporcionan información sobre la roca huésped, las condiciones de tensión, la dirección del flujo, los procesos de enfriamiento, la sobrepresión y desgasificación del magma cerca de la superficie, así como la transición física del propio dique a sus depósitos. Los estudios de vulcano-TECTÓNICA de diques tienen como objetivo comprender las condiciones para su formación y propagación, así como los factores que controlan su geometría y trayectorias de propagación, características que condicionan la dinámica eruptiva y la distribución del vulcanismo, por lo que su comprensión es importante en la evaluación del peligro volcánico. En el centro de México se ubica la Faja Volcánica Transmexicana y al centro de ésta se encuentra el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato, uno de los campos volcánicos monogenéticos más grandes del planeta, albergando más de 1,200 centros eruptivos donde cerca del 90% corresponde a conos de escoria. Este campo volcánico es un laboratorio natural que permite estudiar en 3D secciones de conos de escoria, ya que es común encontrar a estos volcanes afectados por erosión antrópica debido a que se utilizan como bancos de material, exponiendo de esta manera la estructura interna del volcán, sus depósitos y su dique alimentador, representando una oportunidad para su descripción detallada. Este es un estudio innovador para caracterizar los diques alimentadores de conos de escoria en la parte norte del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato. En algunos conos de escoria ha sido común encontrar un solo dique alimentador, sin embargo, en otros ha sido posible localizar enjambres de diques, de los cuales quizás no todos formaron parte de la alimentación del cono de escoria, sino que son diques que quedaron atrapados en su paso a la superficie. Estudiar la geometría de estos diques, las fallas regionales y los esfuerzos locales nos permitirá identificar si el magma se emplazó a lo largo de una falla preexistente o si generó una nueva fractura acorde con el campo de esfuerzos al momento de la erupción.

VUL-22 CARTEL

MORFOLOGÍA DE LA REGIÓN DEL VOLCÁN PARÍCUTIN ANTES DE LA ERUPCIÓN DE 1943

Cisneros-Máximo Guillermo¹, Corona Chávez Pedro²,
Lara-Ruiz Jorge Iván³ y Macías-Bermúdez Saúl¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM Campus Morelia

geo_cis_max@hotmail.com

A partir del nacimiento del volcán Parícutin en 1943, no solo se transformó el paisaje en la región cultural de la Meseta Purépecha sino se trastocaron todos los elementos culturales identitarios de la región. Aunque la importancia de la evolución y de los cambios geomorfológicos causados por la erupción han sido relativamente bien estudiados, hasta el momento no existe un estudio relacionado con la descripción sistemática del paisaje de la región antes de la erupción, en particular un estudio que describa la dimensión espacial del cambio de paisaje. Si bien, el tipo de erupción volcánica relativamente lenta y poco violenta permitió que los habitantes de la zona afectada fueran evacuados de forma paulatina sin pérdidas humanas, otras fueron cuantiosas y emocionalmente dolorosas, como se puede constatar en los testimonios publicados en las fuentes consultadas: la modificación de su paisaje desde todas las perspectivas posibles. Para los integrantes de las comunidades afectadas representó no solo la pérdida de su espacio vivido e interiorizado, como bien señala Bonnemaison "...nuestros paisajes, nuestros terruños y nuestros bosques son, lo mismo que nuestra lengua, la sustancia de nuestra identidad y el fundamento de nuestra personalidad colectiva" (Bonnemaison, 2004:6; citado por Gimenez y Héau, 2007). En este trabajo se presentan los avances preliminares de un estudio basado en imágenes, mapas topográficos históricos que dan muestra de las geoformas de la región antes del nacimiento del volcán Parícutin. Por medio de la digitalización y georreferenciación con correcciones a un sistema de coordenadas y datum recientes, se presenta un ejercicio de reconstrucción del antes y después del volcán, destacando la modificación de los elementos identitarios que conformaban el espacio vivido por las comunidades Purépecha afectadas por el nacimiento del Parícutin. Se propone dar a conocer a los pobladores afectados y sus generaciones actuales y futuras, sobre el espacio geográfico donde se desarrollaron las actividades de subsistencia y referentes socio-culturales de sus habitantes nueve años antes del nacimiento del volcán en 1943.

VUL-23 CARTEL

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO SIERRA SAN FRANCISCO BCS, MÉXICO

Murillo Dromundo Fernanda, Núñez Verdugo Sophia Cristina,
Ojeda Espinoza Alan Isai y Pérez Venzor José Antonio

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

femu_19@alu.uabcs.mx

El área de estudio ubicada al NE de Baja California Sur corresponde al extremo norte de la Sierra La Giganta, al norte de Santa Rosalía. En una zona de subducción los procesos geológicos propician el desarrollo de estructuras geológicas conocidas como arcos volcánicos, en donde los procesos exógenos y endógenos interactúan para definir rasgos que reflejan su presencia principalmente en el drenaje, relieve, geología y geoformas; esto puede ser cuantificado mediante métodos geomorfológicos. El área de estudio desde el punto de vista geomorfológico ha sido poco estudiada no existe literatura publicada al respecto. La Sierra de La Giganta es considerada como un arco volcánico Cenozoico y el área de estudio forma parte de él; geológicamente el área de estudio ha sido poco estudiada, lo mismo sucede con la geomorfología. Considerando lo anterior es posible afirmar que su litología, estratigrafía, evolución y rasgos geomorfológicos son poco conocidos. Si el área de estudio pertenece al arco Comondú entonces un estudio de procesos exógenos y endógenos a través de un análisis geomorfológico y geológico permitirá ver la influencia de esos procesos y sus relaciones. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue establecer los rasgos litológicos mediante un análisis geomorfológico para conocer la relación entre los procesos endógenos y exógenos y su relación con la evolución geológica de la región (Arco volcánico Comondú). Para lo cual fueron elaborados los mapas geomorfológicos de relieve, drenaje, geoformas y una fotogeología aplicando las técnicas geomorfológicas registradas en la bibliografía e implementando los Sistemas de Información Geográfica QGIS e INEGI. El estudio dio la oportunidad de obtener información sobre procesos geológicos exógenos y endógenos que permitieron elaborar un bosquejo de la evolución geológica y geomorfológica del área. Los mapas de aspectos, pendientes y relieve ayudaron a realizar un análisis de terreno de primer orden. El mapa de pendientes representa la dirección azimutal hacia donde inclinan las laderas. Los mapas de relieve y sombras trabajan en conjunto proporcionando elevaciones del terreno y un efecto de profundidad a los datos de elevación respectivamente. El estudio permitió hacer un análisis hidrogeológico obteniendo algunos parámetros morfométricos lineales como el número de corrientes de un orden dado, total de corrientes, geometría, orientación, densidad, su longitud total y promedio y morfométricos del área como la forma de las cuencas, su perímetro, índice de capacidad etc. El trabajo expone dichos resultados y conclusiones.

VUL-24 CARTEL

ANÁLISIS MORFOTECTÓNICO DE LA SIERRA MULEGÉ BCS, MÉXICO

Ojeda Espinoza Alan Isai, Murillo Dromundo Fernanda,
Núñez Verdugo Sophia Cristina y Pérez Venzor José Antonio

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

aojeda_19@alu.uabcs.mx

El área de estudio ubicada en el centro Norte de Baja California Sur, forma parte de la sierra la Giganta, al norte de La purísima y San Isidro y al sur de la sierra Guadalupe. En esta área está incluida la ciudad y puerto de Mulegé. En la superficie terrestre los procesos exógenos y endógenos interactúan para definir rasgos que reflejan su presencia, esto puede ser cuantificado mediante métodos geomorfológicos principalmente en el drenaje, relieve, geología y geoformas; El área de estudio existe pocos trabajos o no han sido publicados en la literatura al respecto. La Sierra de La Giganta es considerada como un arco volcánico Cenozoico y el área de estudio forma parte de él. Considerando lo anterior es posible afirmar que rasgos geomorfológicos y geológicos son poco conocidos. Si el área de estudio pertenece al arco Comondú entonces un estudio de los rasgos geomorfológicos permitirá conocer los procesos exógenos y endógenos y ver la influencia en la evolución geológica del área. El objetivo fue establecer los rasgos morfoestructurales y evolución geológica mediante un análisis geomorfológico para cuantificar la relación entre los procesos endógenos y exógenos y su relación con la evolución geológica de la región (Arco volcánico Comondú). Con la elaboración de los mapas morfométricos del relieve, drenaje, geoformas y una fotogeología aplicando las técnicas geomorfológicas registradas en la bibliografía y con el uso de los Sistemas de Información Geográfica QGIS e INEGI. Los mapas de aspectos, pendientes y relieve ayudaron a realizar un análisis de terreno de primer orden. El mapa de pendientes representa la dirección azimutal hacia donde inclinan las laderas. Los mapas de relieve y sombras proporcionan elevaciones del terreno y un efecto de profundidad a los datos de elevación respectivamente. Con lo anterior fue posible cuantificar y establecer un bosquejo de la evolución geológica y geomorfológica del área. El trabajo expone dichos resultados y conclusiones.

VUL-25 CARTEL

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO SIERRA SANTA AGUEDA-GUADALUPE, B.C.S., MÉXICO

Núñez Verdugo Sophia Cristina, Murillo Dromundo Fernanda,
Ojeda Espinoza Alan Isai y Pérez Venzor José Antonio
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
snunez_19@alu.uabcs.mx

El área de estudio ubicada al sur de Santa Rosalía y al norte de Mulegé, es conocida como la Sierra Santa Águeda-Guadalupe, al norte del estado de Baja California Sur. Los estudios en la Sierra de la Giganta y la región de Santa Águeda-Guadalupe son escasos tanto geológicos como geomorfológicos, por lo tanto poco se conoce de su litología, estratigrafía, evolución y rasgos geomorfológicos. Si la sierra de la Giganta es un Arco volcánico, entonces los procesos endógenos actuaron en mayor dimensión que los exógenos y actualmente refleja la interacción de dichos procesos, mismos que están manifestándose en el relieve y drenaje. Un análisis geomorfológico y geológico, considerando parámetros de relieve (configuración, orientación, distribución, densidad, etc) y drenaje (geomorfía, distribución, orientación, densidad, etc) permitirá ver la influencia de esos procesos y sus relaciones. El objetivo del estudio fue establecer la evolución morfotectónica y litológica para conocer las relaciones entre los procesos endógenos y exógenos y su influencia en la evolución geológica de la región (arco Comondú/golfo de California). Para lo cual fue pertinente elaborar mapas geomorfológicos de relieve, drenaje, geoformas, aplicando las técnicas geomorfométricas y con el apoyo de sistemas de información geográfica (qgis) a partir de una base de datos disponible en INEGI y una fotogeología, de los rasgos más sobresalientes de la región. El análisis del drenaje indica que el área muestra una geometría va de dendrítica a rectangular, de una densidad media a alta, orientación de cauces Este-oeste y NE-SW, mientras que para el relieve corresponde a formas volcánicas con erosión vertical en mayor grado que la horizontal. En el mapa de pendientes se presenta el gradiente del relieve en una clasificación que va desde plano (2°) hasta escarpado (35°) y posteriormente en el mapa de aspectos es representada la dirección azimutal de la pendiente (Norte, Noreste, Noroeste, Sur, Sureste, Suroeste), en el mapa hipsométrico se representa la elevación del relieve. La interpretación fotogeológica permitió reconocer varias secuencias de rocas volcánicas y volcanosedimentarias subyaciendo o cubiertas parcialmente por estructuras volcánicas jóvenes menores (volcanes monogenéticos) con poca erosión, mientras que las estructuras mayores forman el núcleo de la sierra y son estructuras circulares, posiblemente calderas que permiten considerar al área de estudio como un complejo volcánico. El trabajo expone los resultados de la investigación a la fecha.

VUL-26 CARTEL

VOLCÁN LEONERA: GEOLOGÍA, PETROGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE SU ENJAMBRE DE DIQUES

Sánchez Garibay Blanca Estrella¹, Gómez Vasconcelos
Martha Gabriela² y Avellán López Denis Ramón³

¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
³CONACYT - Instituto de Geofísica, UNAM
estrella.sanchez@alumnos.udg.mx

El volcán Leonera es un volcán en escudo pequeño que se encuentra al oeste del Lago de Cuitzeo, dentro del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato, el cual es una de las regiones volcánicas monogenéticas más grandes del mundo con más de 1200 volcanes. Dentro de éste se han contabilizado aproximadamente 378 volcanes en escudo pequeño; éstos se caracterizan por tener pendientes suaves entre 5 y 15° en su base y en ocasiones desarrollan domos y pendientes más pronunciadas en su cima. A pesar de que estos volcanes en escudo pequeño juegan un papel importante en el peligro volcánico de la región por su gran porcentaje de volumen de magma emplazado, hay muy pocos estudios sobre éstos. En este trabajo se estudió por primera vez la geología y petrografía del volcán Leonera, así como el enjambre de diques que se encuentra en su cima y que alimentó su último episodio eruptivo. Dentro de la petrografía se encontraron algunas diferencias entre las tres muestras que se tomaron en campo; en la cima, las plagioclasas, que es el mineral guía, se encuentran con mayor frecuencia como fenocristales, mientras que los olivinos se encuentran en menor cantidad; en la parte media del volcán las plagioclasas se encuentran con textura traquítica seriada y con mayor corrosión en el centro. En la muestra tomada en la base del volcán, los olivinos se encuentran en mayor cantidad, suponiendo un menor contenido de sílice en la base y mayor en la cima. Los diques presentan una dirección preferencial NNO-SSE, mientras que las fallas presentan una dirección preferencial E-O. Este estudio nos ayuda a conocer las condicionantes para que un enjambre de diques alimente un volcán en escudo pequeño, así como a entender la propagación del magma y su control estructural en los volcanes en escudo pequeño y domos.

VUL-27 CARTEL

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LOS CONOS VOLCÁNICOS DE LA ZONA CENTRAL DEL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO

Pacheco Estrada Esteban de Jesús¹, Zamora
Camacho Araceli¹ y Espíndola Castro Juan Manuel²
¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
esteban.pacheco2584@alumnos.udg.mx

El campo volcánico de Mascota se encuentra dentro del bloque Jalisco, el cual presenta una serie de estructuras volcánicas con una alineación NW-SE y NE-SW, siguiendo así la orientación de los valles que definen la zona baja del campo volcánico, se encontraron fallamientos de escala local con una orientación NW-SE las cuales nos permiten deducir que los emplazamientos de estructuras volcánicas fueron generados a partir de un periodo de distensión en la corteza permitiendo así el ascenso del magma, siendo un campo volcánico controlado por esfuerzos tectónicos. En la zona central del campo volcánico de Mascota se encontraron 24 estructuras volcánicas que por sus características morfológicas relativamente simples, con un solo conducto volcánico, cráter y bases bien definidas, mismas que se usaron para establecer cuantitativamente la variabilidad de los conos volcánicos que componen nuestra área de estudio. El presente estudio entre la morfometría de estas estructuras, su composición y edad geológica nos permitió comprender la evolución del campo volcánico, al igual que determinar diferencias entre estructuras con diferente morfología, para poder conocer las implicaciones que conlleva el peligro volcánico de la zona por su corta distancia con la zona de subducción.

VUL-28 CARTEL

ANÁLISIS DE LA SECUENCIA SÍSMICA DEL AÑO 2020 EN LA REGIÓN PARICUTÍN-TANCÍTARO-URUAPAN, MICHOACÁN, CON APLICACIONES COMPUTACIONALES

Castillo Rodríguez Keila¹, Roberge Julie¹, Salazar Peña Leobardo¹,
Zenteno Jiménez José Roberto² y Galaviz Alonso Sergio Alberto²

¹Posgrado ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional
²ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional
kcastillor2100@alumno.ipn.mx

En el periodo enero-febrero, 2020 se presentaron una serie de sismos locales en la región Paricutín-Tancitaro-Uruapan, Michoacán. Se caracterizaron con magnitudes dominantes entre 3.0 a 4.2 y de corta duración. Sobre esta secuencia de sismos, se ha supuesto movimiento de magma interior, aunque no hay una deducción probada de tal cuerpo. El objetivo de este trabajo es analizar con la información y datos disponibles, esta secuencia y orientarla a la presumible existencia de un cuerpo magmático interior. En función de la información disponible fue conveniente iniciar con aplicaciones computacionales que abarquen desde animaciones, geoestadística, hasta modelación computacional. De la información disponible se puede valer de tectónica y vulcanismo en la región. Se dispuso de los datos de localización de los eventos por parte del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y de registros sísmicos igualmente proporcionados por el SSN. Los registros se analizan para encontrar una señal relacionada con sismos volcánicos. En el caso de la modelación computacional, se indaga sobre conversiones de fases sísmicas en el presumible cuerpo magmático, que pudieran confrontarse con sismogramas reales. Como resultados, a partir del análisis de las animaciones computacionales y de la geoestadística considerando un centro de presión para la distribución de sismos, se presume existe un cuerpo a profundidad que resultaría ser material parcial o totalmente fundido. A partir de las modelaciones, por ahora, se ha establecido una fuente que se adapte a alguna señal que ponga de manifiesto la existencia de sismos volcánicos. Se indagan las fases P-SV convertidas por reflexión o transmisión en el presumible cuerpo magmático interior, para con ello confirmar la suposición inicial de movimiento de magma como causante de la secuencia sísmica. Como conclusiones, por ahora apuntan que la sismicidad se debe a la actividad del volcán Tancitaro, existiría un cuerpo magmático principalmente alargado en profundidad, sin considerarlo como una cámara magmática.

VUL-29 CARTEL

LAS CENIZAS VOLCÁNICAS DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DE JULIO DE 2013, JULIO Y OCTUBRE DE 2019: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS, DE COMPONENTES Y DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X

García Tenorio Felipe¹, Mendiola López Fabiola² y Reyes Agustín Gabriela³

¹Laboratorio de Petrografía, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
²Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales, IGUM, UNAM
³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
tenoriogf@igeofisica.unam.mx

Se comparan tres periodos eruptivos del volcán Popocatepetl de erupciones que fueron colectadas en la vertiente NW del volcán Popocatepetl hacia la Cuenca de México en los poblados de Amecameca y Tlalmanalco (entre 18-27 km de distancia del cráter del volcán), en los días 3, 4, y 5 de Julio de 2013 y los días 8, 12, 17, 18 y 20 de Julio de 2019 y 10 de octubre de 2019. Las erupciones de Julio de 2013

se caracterizan por sus altos porcentajes de cenizas finas (30-52 %) y por tener: 11% de líticos Juveniles, 6-14% de líticos accesorios, 17-22% de ferromagnesianos (piroxeno, olivino, biotita y anfíbol) y 22-33% de plagioclasa; también se distinguen por la presencia de clastos de pómez (4-9%), biotita (0.2-1%), y anfíboles (0.2-1.5%). Las erupciones de Julio de 2019 tienen: 11-17% de líticos Juveniles, 6-10% de líticos accesorios, 11-28% de ferromagnesianos (piroxeno y olivino) y 36-47% de plagioclasa; también contienen minerales de biotita (0.2 %) en algunas muestras. La erupción del 10 de Octubre de 2019 se caracteriza por tener 40 % de líticos juveniles, 15 % de líticos accesorios y 15 % de minerales ferromagnesianos (piroxenos y olivino) y 15 % de plagioclasa y 2% de líticos accidentales. Por su parte, los porcentajes de cenizas finas de las erupciones de julio de 2019 y de octubre de 2019 varían de 3-29%. Las erupciones muestran diferencias en sus asociaciones mineralógicas y contenido de cenizas finas, en particular las erupciones de julio de 2013 se distinguen por esas características, con el objeto de conocer más de los componentes de las fracciones finas de las cenizas, difracción de rayos X se llevarán a cabo.

VUL-30 CARTEL

ANÁLISIS DE ELEMENTOS MAYORES, MENORES, TRAZAS Y TIERRAS RARAS DE LOS BASALTOS DEL VOLCÁN PACAYA, GUATEMALA: DESDE 1961 HASTA 2021

Kshirsagar Pooja¹, Sánchez Gómez Moisés¹, Arciga Morales Andrea¹,
Gutiérrez Rojo Natalia¹, De León Miguel Angel², Gordilla de la
Marchena Carla², Puy y Alquiza María de Jesús¹ y Miranda-Avilés Raúl¹

¹Universidad de Guanajuato, UG

²CESEM, USAC

pv.kshirsagar@ugto.mx

En el presente estudio, se realizó la geoquímica de 16 muestras de lavas correspondientes al año de 1961 a 2021 tomadas en el cono de Mackenney en el volcán de Pacaya, en Guatemala. Los resultados del análisis geoquímico muestran que la mayoría de las lavas corresponden a basaltos-andesíticos a basalto-traqui-andesíticos con una composición de SiO₂(47.20-54.00 % de peso) y Na₂O+K₂O (3.5-5.5 % de peso), excepto una muestra que corresponde a una tefrita-basanita con una composición SiO₂(49.10% de peso) y Na₂O+K₂O (7.0 % peso). Con respecto a los Diagramas de Harker aplicados a las muestras analizadas, las lavas pueden clasificarse en cinco grupos: dos grupos calco alcalinos (resultado del proceso de subducción) con alta concentración de Al₂O₃ y CaO, con baja concentración de MgO, FeO, TiO₂, Na₂O; un segundo grupo que corresponde a tipo E-MORB (posiblemente derivado de tras arco), mientras que los grupos restantes corresponden a una mezcla. Con respecto a los diagramas multi-elementales, los magmas estudiados son de tipo calco-alcalino, sin embargo, la diagramas bi-variada de Zr vs Ti y Zr/y vs Zr muestran Lavas de tipo PRE en las muestras (60M1, 2014M1, 2018M1 Y 2021M1), caracterizados como tipo MORB. En los diagramas tectónicos de Ti v V y Ti vs Zr, se puede observar que dichas muestras se ubican en la zona de (cuenca de Back-arc). En los diagramas de Sm vs Nb/La y Dy/Yb vs La/Yb se puede determinar que el magma proviene del manto superior de tipo peridotita con espinela y con una fusión parcial de 1 a 5 %, indicando la presencia de una cámara magmática ubicada entre un margen de arco volcánico y zona de extensión tras-arco (que forma la caldera de Atitlán). En conclusión, los datos muestran dos fuentes de magmas que se mezclan en diferentes grados y controlan los estilos de erupción del cono Mackenney desde su formación.

Sesión especial

LIMNOLOGÍA FÍSICA

Organizadores

Tzitzilali Gasca Ortiz

Diego Pantoja

Jorge Montes Aréchiga

SE01-1

DISPERSIÓN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MÉXICO

Gasca Ortiz Tzitzilali y Pantoja González Diego Armando

Universidad de Guadalajara, CUCEI

tzitzilali.gasca@academicos.udg.mx

El Lago de Zirahuén es uno de los cuerpos de agua mejor preservados en México, es un lago de alta montaña de tipo monomítico y oligo-mesotrófico. Desafortunadamente el lago al igual que otros cuerpos de agua alrededor del mundo se ha visto afectado por la explotación irracional de recursos, además de las fuentes de contaminación de los asentamientos locales, el pastoreo de animales y el cambio de uso de suelo, entre otros. En este trabajo se presentan resultados de la estimación de los coeficientes de dispersión del modelo Delft3D. Se realizó un acoplamiento del modelo numérico Delft3D con un modelo de optimización para la estimación de los coeficientes de dispersión. Los resultados son una herramienta para tener una mejor comprensión de la distribución de partículas en el lago, las cuales se pueden considerar como contaminantes y por los cuales se espera que se contribuya a minimizar los daños ocasionados por las descargas residuales u otros procesos antropogénicos.

SE01-2

FLUJOS DE CALOR EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MÉXICO

Pantoja González Diego Armando y Gasca Ortiz Tzitzilali

CUCEI, UdeG

diego.pantoja@academicos.udg.mx

El Lago de Zirahuén es un lago relativamente profundo (de aprox. 40 m) del tipo monomítico y endorreico. En este trabajo se analizan los flujos de calor entre la atmósfera y el lago para determinar el proceso de estratificación. También se presentan las primeras simulaciones numéricas (con el modelo Delft3D) de los procesos físicos al variar los forzamientos atmosféricos. Se valida y se comparan las salidas numéricas con observaciones tomadas de junio a agosto 2018.

SE01-3

MODELO DE INTERCAMBIO DE CALOR EN EL LAGO DE CHAPALA

Torres Padilla Ricardo Jesús¹, Palacios Hernández Emilio², Ávalos Cueva David³, Monzón César Octavio³ y Filonov Anatoliy²

¹Maestría en Ciencias en Hidrometeorología, Universidad de Guadalajara

²Departamento de Física, Universidad de Guadalajara

³Departamento de Ingeniería Civil y Topografía, Universidad de Guadalajara

ricardo.torres8782@alumnos.udg.mx

Las investigaciones concernientes a los flujos de calor de lagos con la atmósfera son escasas en México. En este trabajo se estudia los flujos de calor en el lago de Chapala, que se encuentra ubicado en el estado de Jalisco, México. Se analizaron seis años de datos meteorológicos de tres estaciones meteorológicas (Tizapán, Jocotepec y Chapala) y datos hidrológicos del Lago de Chapala, con el objetivo de estudiar el intercambio periódico de calor a través de la interacción lago-atmósfera y modelar por medio de un modelo unidimensional el comportamiento de la temperatura. Se realizó un análisis de las configuraciones sinópticas que afectan el lago encontrándose que se ve afectada directa e indirectamente por los ciclones tropicales durante toda la temporada ciclónica para el Pacífico Oriental. Además, se calcularon las frecuencias y amplitudes espectrales de distintas variables en las tres estaciones estudiadas, los resultados indicaron, que las señales más importantes son la anual, semianual, así como la diurna y semidiurna, en los flujos de calor. Se desarrolló el modelo mediante ecuaciones de que nos permitieron calcular los flujos de calor en el lago, así como el comportamiento del perfil vertical de temperatura y densidad. Se observó que la contaminación atmosférica tiene un efecto sobre la radiación de onda larga debido a que en periodos de contingencia por contaminantes atmosféricos se detectaron picos por el efecto invernadero de estos gases. Se concluyó que el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento de la temperatura y la densidad de manera unidimensional, y se registró una ligera

ganancia de calor en lago en el periodo de estudio el cual se disipa mediante sus afluentes.

SE01-4

PREDICCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO MEDIANTE UNA RED NEURONAL RECURRENTE.

Montes Aréchiga Jorge Manuel y Filonov Anatoliy

Universidad de Guadalajara, UdeG

jorge.montes@academicos.udg.mx

En este trabajo se utiliza una red de memoria de largo-corto plazo (LSTM) para predecir la temperatura superficial del lago de Chapala (GLWD 153). El modelo LSTM se implementó utilizando el framework Keras/Tensorflow y se entrenó con datos de temperatura superficial obtenidos de GloboLakes (1995-2016) con resolución temporal de 1 día y resolución espacial de 0.025. Se utilizó estimación de momento adaptativo (ADAM) como función de optimización y el error cuadrático medio (MSE) como función de costo y se realizaron un total de 200,000 iteraciones aleatorias de pares de entrada/salida para el entrenamiento del modelo. Para evaluar la precisión del modelo de LSTM se realizó un análisis comparativo de la temperatura superficial obtenida del modelo entrenado con datos de temperatura de Globolakes para el año 2016. Se obtuvo un error porcentual absoluto medio (MAPE) de 2.1 y un error cuadrático medio (RMSE) de 0.6.

SE01-5 CARTEL

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LAS OSCILACIONES FUNDAMENTALES DEL LAGO DE CHAPALA

Loza Rodríguez Eduardo¹, Borrego Cortez Hancel de Jesús², Chuzeville Rosas Catherine Etienne³, Unda Sánchez Mariana⁴, Gasca Ortiz Tzitzilali² y Pantoja González Diego Armando⁵

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

²Universidad de Sonora, UNISON

³Universidad Veracruzana, UV

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

⁵CUCEI, UdeG

eduardo.loza4969@alumnos.udg.mx

Obtener características físicas de un lago es de gran utilidad para complementar su información morfológica y biológica, ya que esto permite tener una perspectiva más amplia del funcionamiento del cuerpo de agua lo cual es útil para el estudio de desplazamiento de contaminantes dentro de éste. En este trabajo se calcula el periodo de oscilación fundamental del Lago de Chapala por medio de la ecuación de Merian. En este caso se comparó el resultado obtenido de la ecuación contra los resultados obtenidos de las simulaciones numéricas realizadas con el modelo Delft3D. Se trabajó con simulaciones de un mes de duración usando una batimetría real y una batimetría rectangular uniforme. Estas configuraciones se sometieron a un viento uniforme de 5 m/s a 0° y 90° con respecto al norte por un día completo, dejando el resto de los días sin interacción con el viento para así obtener las oscilaciones fundamentales y su periodo. Además, se trabajaron distintas configuraciones con valores distintos de latitud para observar un cambio en el periodo debido al efecto Coriolis.

SE01-6 CARTEL

FLUJOS DE CALOR A TRAVÉS DE LA SUPERFICIE EN EL LAGO CRÁTER DE ISLA ISABEL, NAYARIT

Palacios Emilio¹, Filonov Anatoliy¹, Barba-López María del Refugio¹, Ávila-Soria Diego¹ y Carrillo Laura²

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²ECOSUR

emilio6x111@gmail.com

Se realizaron mediciones directas simultáneas de observaciones meteorológicas e hidrográficas, del 23 de marzo del 2011 al 16 de febrero del 2012, en el Lago Cráter de Isla Isabel Nayarit, Mex. Con el fin de calcular los flujos de calor a través de la superficie, y describir adecuadamente el perfil vertical de temperatura y densidad por

medio de un modelo de mezcla vertical unidimensional. Los resultados mostraron un comportamiento hidrográfico típico de lagos hipersalinos y el modelo describió adecuadamente los perfiles verticales.

SE01-7 CARTEL

RÉGIMEN TÉRMICO Y DINÁMICO DE LOS LAGOS VOLCÁNICOS 'EL SOL' Y 'LA LUNA', EN EL NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO.

Barba-López María del Refugio¹, Pantoja González Diego Armando², Filonov Anatoliy³ y Tereshchenko Iryna³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CUCEI, UdeG

³Universidad de Guadalajara, UdeG

marybarba90312@gmail.com

La comprensión de los procesos físicos que ocurren en un lago es de gran importancia para el manejo del sistema, ya que guardan una estrecha relación con los procesos químicos y biológicos que se desarrollan en él. Es de especial relevancia generar información en el área de la limnología física de lagos de alta montaña, dado que estos sistemas han sido identificados como indicadores del cambio climático global. Se presentan los resultados de un estudio observacional y numérico de las características térmicas y dinámicas de los lagos El Sol y La Luna, ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca, México. Por la dependencia que guarda el comportamiento térmico y dinámico de los lagos con las variaciones en los parámetros atmosféricos, y con el objetivo de comprender su correlación, se analizó velocidad del viento, dirección del viento, radiación solar y temperatura ambiental en las laderas exteriores e interiores del cráter del volcán. Además, se estudió la variación espaciotemporal de la temperatura en los lagos por medio de análisis espectral. Se presentan también resultados de las corrientes medidas por un perfilador ADP en el lago El Sol y los resultados de una simulación numérica de las corrientes superficiales en este mismo cuerpo de agua. Para complementar el trabajo se calculó el flujo de calor entre los sedimentos de fondo y la columna de agua del lago El Sol, junto con una primera aproximación al balance hídrico de este cuerpo lacustre.

SE01-8 CARTEL

RÉGIMEN METEOROLÓGICO, CLIMA LOCAL E HIDRODINÁMICA DEL LAGO-CRÁTER ALCHICHICA, MEXICO

Tereshchenko Iryna¹, Filonov Anatoliy¹, Barba-López María del Refugio², Alcocer-Durand Javier³, Ladah Lydia⁴ y Ávalos Cueva David¹

¹Universidad de Guadalajara, CUCEI

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, UNAM

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

itereshc@cucei.udg.mx

Se discute la variabilidad de los parámetros meteorológicos en el lago Alchichica y la respuesta dinámica de este lago volcánico profundo al régimen térmico y la brisa de montaña. Los patrones de corriente de un modelo hidrodinámico numérico basado en datos de viento de una estación meteorológica en la orilla este del lago fueron muy similares a los recopilados de un medidor de corriente ADCP in situ, lo que demuestra que la brisa de la montaña crea cambios diarios en el nivel del mar de hasta 11 cm y produce seiches con períodos de 2,7 y 2,1 minutos con amplitudes de 7 mm y 4 mm, respectivamente. Los perfiles de CTD mostraron que, durante el día, el viento del norte provocó afloramientos periódicos de la termoclina, que sirvió como el principal mecanismo de generación de ondas internas en el lago. Se presentan nuevas mediciones batimétricas y cálculos volumétricos que difieren significativamente de los valores anteriores. Los análisis de las fluctuaciones de temperatura causadas por las ondas internas forzadas por el viento en el lago junto con los datos de ADCP mostraron dos ondas internas inclinadas diurnas y dos semidiurnas que se propagan con una variabilidad de modo vertical que depende de la profundidad del lago. La existencia simultánea de modos horizontal y vertical corresponde a un modo volumétrico o oscilación de lago resonante. Las ondas internas colapsan cerca de la costa y cerca del fondo, induciendo circulación baroclínica y mezcla local, potencialmente importante para muchos escalares biológicos.

Sesión especial

70 ANIVERSARIO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

Organizadores

Octavio Gómez-Ramos
Jorge Zavala-Hidalgo
Sergio Valente Gutiérrez-Quijada
Miguel Ángel García-Palacios

SE02-1

IMPACTO DE LOS NORTES EN EL NIVEL DEL MAR DEL PACÍFICO MEXICANO

Zavala Hidalgo Jorge¹ y Hernández Maguey Felipe²¹ICAYCC - UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

jzavala@atmosfera.unam.mx

Intensos vientos cruzan el Istmo de Tehuantepec durante eventos de Norte que ocurren durante el otoño y el invierno. Los Nortes son causados por sistemas de alta presión que llegan al Golfo de México provenientes de las Montañas Rocalosas de Estados Unidos asociados con frentes fríos que reducen la temperatura, provocan precipitaciones y fuertes vientos, además de intensificar el oleaje y modificar el nivel del mar. Los Nortes también afectan al Golfo de Tehuantepec cuando la diferencia de presión atmosférica entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec genera fuertes vientos conocidos como Tehuanos que cruzan por el Istmo de Tehuantepec llegando al océano Pacífico. Se ha estudiado que los vientos Tehuanos provocan una disminución de la temperatura superficial del mar y generan remolinos oceánicos. Aquí, con base en las observaciones del nivel del mar costero de la red de mareógrafos de la UNAM, se analiza el impacto de estos eventos en el nivel del mar.

SE02-2

SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, 70 AÑOS MONITOREANDO LAS COSTAS DE MÉXICO

Gómez-Ramos Octavio, Zarza-Alvarado Miriam Arianna, Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM

octavio@igeofisica.unam.mx

El Servicio Mareográfico Nacional resguarda observaciones del nivel del mar de más de 50 años, las cuales constituyen algunas de las series ambientales más largas y completas de México. La información generada por la red mareográfica ha sido fundamental para la operación portuaria, la navegación, la corrección de cartas náuticas, la delimitación de la zona federal marítimo terrestre, y la proyección y construcción de obras en zonas costeras. La información obtenida sobre los cambios en el nivel del mar también ha permitido apoyar el desarrollo del conocimiento de la dinámica del Pacífico tropical nororiental y del Golfo de California. De igual forma, esta red ha permitido el registro de variaciones en el nivel del mar producidas por tsunamis, marea de tormenta, corrientes costeras, ingeniería costera, flujos cenotes-océano, fenómenos oceanográficos de gran escala como "El Niño", y movimientos de la corteza terrestre producidos por sismos y movimientos telúricos lentos. El origen del Servicio Mareográfico se remonta a los años 40's, cuando Estados Unidos se propuso tener mapas de los países de Latinoamérica, fue así como las primeras mediciones sistemáticas de nivel del mar en puertos mexicanos fueron realizadas por la IAGS en colaboración con la Secretaría de la Defensa Nacional en el año de 1942. A partir del año 1952, el Instituto de Geofísica de la UNAM se hizo cargo de la red mareográfica, que en ese entonces estaba compuesta por cuatro estaciones en el Golfo de México y cinco en el Pacífico, constituyéndose así el Servicio Mareográfico Nacional. Actualmente la red de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional consta de 27 estaciones de monitoreo, 12 ubicadas en el Pacífico Mexicano y 15 en el Golfo de México y Mar Caribe, y en este año 2022 cumple 70 años de operación en el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

SE02-3

CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS DEL NIVEL DE MAR GENERADOS POR EL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL PARA DETERMINAR NIVEL MEDIO DEL MAR, FLUCTUACIONES Y APLICACIONES CLIMÁTICAS

Zarza-Alvarado Miriam Arianna, Gómez-Ramos Octavio, Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM

alvarado@igeofisica.unam.mx

El control de calidad de los datos de nivel del mar va ligado al funcionamiento e instalación de equipo, por lo que es importante distinguir las anomalías en las señales según este criterio. Los casos generales que se han detectado en los datos del Servicio Mareográfico son las descalibraciones en referencia y tiempo, pero también las tenemos según el tipo de sensor, como por ejemplo, en los sensores de flotador, en los cuales se detectan amortiguamientos en la señal debido a asolvamientos del tubo de PVC que contiene al flotador, mientras que en los termómetros de radar, presión y burbujeo se presentan saltos, discontinuidades y derivas ante la ocurrencia de eventos extremos tales como los huracanes. Añadido a lo anterior, se deben diferenciar desplazamientos sísmicos y cambios de referencia por cambios de instrumental, montajes o en su defecto, cambio de muelle o remodelación del mismo. Por todo lo anterior, el control de calidad se vuelve una tarea difícil y tardía pero necesaria para garantizar la calidad de los datos de nivel del mar.

SE02-4

LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL EN LA ESTIMACIÓN DE LAS TENDENCIAS DEL NIVEL DEL MAR EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

López Espinoza Erika Danaé¹, Gómez Ramos Octavio², Zarza-Alvarado Miriam Arianna² y Zavala Hidalgo Jorge¹¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

danae@atmosfera.unam.mx

Las comunidades que se encuentren en los entornos costeros están expuestas a las alteraciones en los océanos ocasionados por el cambio climático, tal como el incremento del nivel medio del mar. A nivel global se estima que entre 1901 a 2018 el aumento total del nivel medio del mar fue de 20 cm y la tasa promedio de aumento de 2006 a 2018 fue de 3.7 mm/año (IPCC, 2021). Sin embargo, a nivel local, el cambio en el nivel medio del mar puede variar con respecto al incremento global debido a la contribución de diferentes factores tales como: los movimientos de tierra verticales locales, las ubicaciones del derretimiento del hielo terrestre, la dinámica océano-atmósfera, sólo por mencionar algunos. El Servicio Mareográfico Nacional de la UNAM (SMN-UNAM) es la única entidad en México con series de tiempo suficientemente largas para realizar estudios robustos sobre las tendencias del nivel del mar en México. Considerando lo anterior, en este trabajo se presentan las tendencias locales estimadas empleando los datos del SMN-UNAM para algunos sitios costeros en México.

SE02-5

LOS RETOS DEL MANTENIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Gómez-Ramos Octavio, Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo, Zarza-Alvarado Miriam Arianna y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM
quijada@geofisica.unam.mx

La red de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional ha registrado el nivel del mar desde finales de la década de los 40's, y aunque en la década de los 90's enfrentó una fuerte decadencia que casi causó su desaparición, desde 2007 inició un proceso de renovación gracias al cual actualmente se cuenta con 27 estaciones mareográficas que monitorean las costas del Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Las estaciones mareográficas cuentan con diferentes sensores para el monitoreo del nivel del mar, así como sensores meteorológicos tales como anemómetro, termómetro, higrómetro, pluviómetro y barómetro para el registro de variables meteorológicas. En algunas estaciones también se cuenta con receptores GPS que permiten registrar los movimientos de la corteza terrestre. Por este motivo, el Servicio se enfrenta a múltiples retos para operar la red en tiempo casi real, algunos ejemplos de ello son: el diagnóstico del equipo de telemetría, la configuración de los sensores, la programación del muestreo, la transmisión de la información por diversos medios, así como la instalación y montaje de equipo con estructuras diseñadas explícitamente para cada sensor y ubicación. Por último, y no sin minimizar la importancia de otras áreas, en los trabajos de campo regularmente se debe lidiar con fenómenos meteorológicos, sismotectónicos, económicos, sociales y de seguridad personal para realizar el trabajo de manera eficiente.

SE02-6

INFRAESTRUCTURA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES UTILIZADA EN EL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

García-Palacios Miguel Ángel
Instituto de Geofísica, UNAM
miguelg@geofisica.unam.mx

Las mediciones de las diversas variables que se observan en las estaciones mareográficas, se organizan y resguardan de manera que se pueda consultar de forma permanente por el personal del servicio, así como los usuarios que los soliciten. Estos procesos de almacenamiento han cambiado considerablemente durante estos 75 años de operación del servicio; actualmente se tiene infraestructura TIC trabajando los 365 días del año, las 24 horas del día. Estos sistemas están diseñados y organizados de acuerdo a las necesidades del Servicio y están en constante evolución y mejoramiento, todo esto con la finalidad de que la operación del Servicio no se vea interrumpida. En el Servicio Mareográfico Nacional contamos con sistemas de recepción de datos, almacenamiento, organización, procesamiento, monitoreo y divulgación, todos ellos como parte de un sistema completo que monitorea el nivel medio del mar; y aunque el mejoramiento e innovación es constante, en este momento estamos haciendo una actualización mayor de los componentes de estos sistemas, mejorando y optimizando los procesos y reduciendo la posibilidad de ocurrencia de fallas, aprovechando las mejoras tecnológicas en el área de TIC.

SE02-7

REGISTRO EN LAS ESTACIONES DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL DE LOS EFECTOS DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN SUBMARINO HUNGA TONGA-HUNGA HA'APAI

Gómez-Ramos Octavio, Zarza-Alvarado Miriam Arianna, Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM
octavio@igeofisica.unam.mx

El día sábado 15 de enero de 2022 a las 04:26 UTC (22:26 del viernes 14 de enero, centro de México CST), el volcán submarino Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, ubicado a 30 kilómetros al sureste de la isla de Fonuafo'ou, Tonga, tuvo una violenta erupción que provocó un desplazamiento de la columna de agua ubicada sobre él, lo cual dio origen a un tsunami que afectó el Océano Pacífico, así como a una onda de presión que recorrió el mundo. El Servicio Mareográfico Nacional actualmente opera 27 estaciones mareográficas, de las cuales 12 se encuentran ubicadas en la costa del Pacífico mexicano, y 15 se encuentran ubicadas en el Golfo de México y Mar Caribe. En estas estaciones se realiza un monitoreo permanentemente del nivel del mar, así como de diversas variables meteorológicas, y en varios sensores se registraron diversas variaciones causadas por la erupción del volcán submarino, entre las cuales se encuentran un tsunami que llegó a la costa del Pacífico, y el registro de la onda de presión tanto en las estaciones del pacífico como en las estaciones del Golfo y Mar Caribe.

SE02-8

CONTROL VERTICAL DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL CON NIVELACIÓN DIFERENCIAL DE PRIMER ORDEN CLASE I

Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo, Gómez-Ramos Octavio, Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Zarza-Alvarado Miriam Arianna y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM
armandolozas541@gmail.com

La nivelación diferencial corresponde a aquellos trabajos de los cuales podemos obtener como resultado la separación vertical existente entre diferentes puntos situados sobre la superficie terrestre, considerando un determinado nivel de referencia. La nivelación de primer orden clase I se utiliza en proyectos que requieran un alto grado de precisión, lo cual es el caso de las estaciones de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional (SMN), pues el resultado de las nivelaciones contribuye a disminuir la incertidumbre de los datos de nivel del mar. El control vertical en las estaciones mareográficas del SMN es de suma importancia para el monitoreo y mantenimiento de los instrumentos de medición instalados en las casetas mareográficas; sirven de apoyo para fijar las cotas referidas al cero de la regla y nivel medio del mar, así como para mantener las referencias históricas de las mismas estaciones, y en caso de ser necesario poder ligar los datos históricos con los datos actuales. De igual manera sirve como referencia de apoyo en caso de que sea necesario realizar cambios o reinstalar completamente el instrumental de monitoreo en caso de algún evento extremo o de obras de remodelación.

SE02-9

LA DIGITALIZACIÓN DE REGISTROS DE NIVEL DEL MAR EN EL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

Basurto-García Alicia Sofía, Gómez-Ramos Octavio, Zarza-Alvarado Miriam Arianna, Gutiérrez-Quijada Sergio Valente, Loza-Palestina Armando, Fabian de la Cruz Alfredo y García-Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM
basurtoalicia7@gmail.com

El servicio mareográfico de la UNAM registra todos los procesos oceanográficos relacionados y no relacionados con la marea desde hace más de 50 años, siendo los primeros mareógrafos de tipo mecánico. Estos mareógrafos registran la evolución del mar con un mecanismo de relojería accionado por el descenso y la subida de un flotador al amparo de las olas, en el cual un lápiz se desliza sobre el rollo de mareograma dibujando la marea. En la actualidad mareómetros digitales más modernos reemplazan la transmisión mecánica por una transmisión eléctrica, que ofrecen las ventajas de comunicar las mediciones a larga distancia y en tiempo casi real. Es una necesidad vital para el servicio mareográfico de la UNAM contar con una base de datos lo más extendida posible sobre cada una de sus estaciones, para así desarrollar pronósticos adecuados del comportamiento del océano, llevar registro de eventos oceánicos históricos, prevención de riesgos, entre otras aportaciones directas. Por las razones antes expuestas el servicio mareográfico de la UNAM opta por rescatar y estandarizar los registros más antiguos de los que tiene control y transportar su formato de una señal continua a una señal discreta de fácil manejo.

SE02-10

ELABORACIÓN DEL MAPA DE MAREAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA EN 1990, PARA EL ATLAS NACIONAL MÉXICO, INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM.

Gómez-Ramírez Mario
Universidad Veracruzana, UV
mariogomez@uv.mx

Se cumplen 32 años de la elaboración del mapa de mareas de la República Mexicana que coordinó la Dra. Martha Concepción Cervantes Ramírez (q. e. p. d.) académica del Posgrado de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, para el Atlas Nacional de México. La Dra. Cervantes Ramírez, invitó a participar al Ing. Francisco Grível Piña jefe de dicho departamento de Mareografía a mediados del año de 1989, para elaborar el mapa de mareas que se integraría en el Atlas. Sin embargo, el Ing Grível argumentó que el departamento tenía una basta carga de trabajo y que le impedía realizarlo. A invitación expresa de la Dra. Cervantes Ramírez en ese momento como su alumno en la maestría de Geografía, a finales del año de 1989 me invita a elaborar la carta de mareas al enterarse que un servidor trabajaba en el departamento de Mareografía del Instituto de Geofísica de la UNAM, a lo cual acepté el reto. Además, se acordó que dicha investigación la utilizaría como mi tesis de la maestría, así el 28 de agosto de 1989 el Dr. Román Álvarez Béjar Director del Instituto de Geografía, UNAM me entregó un oficio que hizo constar el acuerdo. Se iniciaron los trabajos con la información existente en el Servicio Mareográfico Nacional y con el apoyo a cada momento del Dr. Mauro Valdéz Barrón del área de Radiación Solar en la captura de la información. La premura de tiempo era la limitante, debido a que estaba por cerrar el proyecto. A pesar de todos los inconvenientes se logró el objetivo de realizar el mapa 1:4000,000 de los tipos de marea, temperatura superficial del agua marina y salinidad. El 8 de mayo de 1990 se dictaminó el mapa de mareas y solamente se sugirió eliminar algunas gráficas de las estaciones mareográficas. Después los responsables del atlas, indicaron

realizar una sobreposición con otro mapa (masas de agua) que estuvo a cargo de investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y que todavía no concluían y así se hizo. El 15 de abril de 1991 la Dra. Ana García de Fuentes Coordinadora del Atlas Nacional de México me hizo entrega del oficio como autores con el Dr. Valdéz Barrón de la Hoja IV.9.1 Oceanografía. Sección Naturaleza, volumen II, del "Atlas Nacional de México. Dicha hoja consta de los mapas: Oceanografía Física I, Masas de Agua y Mareas de los mares mexicanos. La carta resultó de gran relevancia al plasmar la información existente en su momento de la dinámica brasmalógica en los litorales del territorio nacional, sin que existiera algún antecedente de otro mapa de su tipo en el país. Es importante señalar, que los autores del apartado de masas de agua, no tuvieron participación alguna en la investigación de las mareas. Es falso como indica la publicación que Mario Gomez Ramirez y Mauro Valdez Barrón fueron colaboradores, ambos son los autores. Finalmente el mapa se imprimió en 1992 y conformó parte de importante publicación en el país.

SE02-11

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE VIENTO EN LA ZONA COSTERA DE MÉXICO

Meléndez Carrera Vivian Paulina¹, Contreras Tereza Víctor Kevin² y Monreal Jiménez Rosalinda¹¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
vivianpaulina@ciencias.unam.mx

El estudio de los vientos extremos en las costas mexicanas es fundamental debido al impacto socioeconómico y ambiental que estos pueden provocar. Es por eso, que se realizó un análisis de Distribución Generalizada de Valores Extremos de viento en las estaciones meteorológicas del Servicio Mareográfico Nacional de la UNAM, localizadas en los principales puertos y ciudades costeras de la República Mexicana. Para cumplir con este objetivo se analizaron las series de tiempo del viento y se ajustaron a una distribución de Weibull. Se calcularon los parámetros de escala (c) y forma (k) de la Distribución Generalizada de Valores Extremos así como la función de distribución de densidad de probabilidad y la función de distribución acumulativa para cada serie de tiempo. Finalmente, se calculó la rapidez del viento asociada a los periodos de retorno (PR) de 1, 10, 50 y 100 años y se crearon mapas de contorno para las costas Mexicanas del Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Para el PR de un año, el sitio con valores más altos de rapidez del viento fue Veracruz. Conforme el PR en años aumentaba, más sitios adquirían valores más altos de rapidez del viento, siendo estos Veracruz, Alvarado, Manzanillo, Puerto Morelos y Puerto Vallarta, en orden descendente. Los resultados obtenidos ofrecen una referencia útil para evaluar el riesgo en instalación de infraestructura costera, para salvaguardar la seguridad de los habitantes, el turismo, la creación de manifestaciones de impacto ambiental y la valoración de zonas potenciales para la generación de energía eólica.

SE02-12

COMPARACIÓN DE LOS REGISTROS DE SALINIDAD MENSUALES EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DE TUXPAN, ALVARADO Y COATZACOALCOS, ESTADO DE VERACRUZ, EN EL SIGLO XX.

Gómez-Ramírez Mario
Universidad Veracruzana, UV
mariogomez@uv.mx

En las estaciones mareográficas establecidas en los litorales de México en el siglo XX a cargo del Servicio Mareográfico Nacional del Instituto de Geofísica, UNAM, además de registrar datos del comportamiento de las mareas, los observadores realizaban mediciones de la temperatura superficial del agua marina con un termómetro, así como de salinidad, a través de emplear un densímetro. La salinidad es una característica del agua marina muy importante, en los procesos abióticos y bióticos del entorno marino y costero. La variable salinidad se refiere al contenido de los minerales disueltos que concentran las cuencas oceánicas y que alcanzan en promedio 35 ‰. En cambio, las corrientes fluviales que transportan agua dulce cuando se aproximan a las cercanías a las desembocaduras en la línea de costa, interactúan con la dinámica de las mareas e influye la época del año, temporada de precipitaciones, evaporación, entre otras, por lo regular, modifican el contenido de sales en el agua al mezclarse a lo largo del año y cambiar a salobre, debido a que contiene de 0.5 a 30 ‰ de sales. En este trabajo se realizó una comparación mensual de los registros de salinidad obtenidos en tres estaciones mareográficas siguientes: Tuxpan localizada en la coordenada 21° 00' 00" N y 97° 20' 00" W, Alvarado localizada en la coordenada 18° 46' 44" N y 95° 45' 56" W y Coatzacoalcos localizada en la coordenada 18° 08' 50" N y 94° 24' 40" W, establecidas en las márgenes de ríos de Tuxpan durante los años de 1958-1985, Papaloapan en el periodo de 1955-1972 y Coatzacoalcos que abarcó de 1952-1974, localizados en el Estado de Veracruz. La estación mareográfica de Tuxpan presentó una distribución de salinidad que destacó de diciembre a junio con una concentración que superó las 20 ‰, en abril alcanzó las 30.43 ‰ y en la mayor parte del verano, así como del otoño se abatió significativamente alrededor de 10 ‰. La estación de Alvarado destacó por sus registros de salinidad inferiores a 10 ‰ durante todo el año y son significativos básicamente en el periodo de lluvias, al descender por debajo de 3 ‰. En la parte sur de la entidad en la estación de Coatzacoalcos, entre abril y junio varío la salinidad entre 11 ‰ y 15 ‰; en cambio, en los demás meses del año la concentración fue menor e inclusive en octubre bajo hasta 1.37 ‰. Las tres estaciones mareográficas localizadas en las márgenes de las corrientes fluviales en

el Estado de Veracruz, mantuvieron la concentración de salinidad que caracteriza el agua salobre durante todo el año en los periodos de registro considerados. La localización del emplazamiento de las estaciones sobre las márgenes de las corrientes fluviales, el periodo de lluvias, los "Nortes", la penetración de la marea, entre otras, influyen en la dinámica de intercambio del agua marina y continental en la concentración y fluctuación de la salinidad.

SE02-13 CARTEL

IMPORTANCIA DEL PLANO DE REFERENCIA DE MEDIA MAREA DE LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ALVARADO, VER., DE 1973 A 1981.

Gómez-Ramírez Mario
Universidad Veracruzana, UV
mariogomez@uv.mx

Las mareas son un fenómeno astronómico que se observa en el comportamiento vertical de ascenso y descenso del agua marina. Básicamente esta dinámica es visible en la línea litoral, lagunas costeras, desembocaduras de los ríos, entre otras. El nivel de media marea en ocasiones se considera como sinónimo con el nivel medio del mar o nivel medio del río y en cada caso son distintos. La importancia destaca que puede emplearse como el plano más cercano a ambos. El plano de referencia media del nivel de las mareas (MTL), corresponde a la distancia vertical intermedia, entre una pleamar y una bajamar consecutivas, en amplitud y tiempo. Cuando una estación mareográfica se localiza en alguna de las márgenes de una corriente fluvial, los datos que se obtienen corresponden al nivel medio del río, pero no puede considerarse como nivel medio del mar. La diferencia es que el nivel del primero resulta más al alto comparado con el segundo, debido al declive que tiene el río. El término nivel medio del río, se refiere al promedio de las alturas alcanzadas por el nivel de un río en cualquier punto para todas las fases de la marea y que generalmente se calcula de la lectura de las alturas horarias. El término de nivel medio del mar, se considera cuando los registros se obtienen en la costa abierta e inclusive en aguas adyacentes que fluyen libremente e interactúan con el medio marino. En este caso se aborda el plano de media marea de la estación mareográfica de Alvarado que se localiza en la margen izquierda del río Papaloapan cercana a la desembocadura al golfo de México, en la costa del estado de Veracruz. En la coordenada de 18.766167° latitud norte y 95.756000° longitud oeste. El periodo de registros mareográficos que se consideró fue de 1973 a 1981, con los resultados del comportamiento siguientes: Las elevaciones reducidas al nivel del mar mayores fueron de 0.06 m en mayo y junio, en agosto de 0.05 m; en cambio, por debajo del nivel del mar se tuvieron en septiembre con - 0.03 m, noviembre y diciembre de - 0.02 m. Asimismo, en enero y marzo el nivel fue de 0 m.

Sesión especial

EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA: RETOS IMPUESTOS POR LA PANDEMIA

Organizadores

Caridad Cárdenas Monroy
Ericka Alinne Solano Hernández
Oscar Alberto Castro Artola

SE03-1

VIRTUALIDAD EN LAS VISITAS AL SSN DURANTE LA PANDEMIA

Cárdenas Caridad, Ruiz Vázquez Iván, Sosa Jiménez Miguel Ángel y Grupo de Trabajo del SSN
Servicio Sismológico Nacional
aqui.cari@gmail.com

Las visitas guiadas al Servicio Sismológico Nacional han sido durante varios años una importante herramienta para comunicar a estudiantes y público general el quehacer del servicio y transmitir las bases para entender el fenómeno sísmico en el país y en el mundo. En el SSN nos han permitido tener contacto directo con la población y responder sus dudas e inquietudes de una manera directa y personal. La pandemia de Covid-19 nos tomó por sorpresa al igual que al mundo entero. Las visitas guiadas a nuestras instalaciones en Ciudad Universitaria se tuvieron que interrumpir. Todas las actividades, educativas y de divulgación, se vieron obligadas a transitar de manera repentina hacia la virtualidad. La necesidad de adaptación surgió en todos los espacios pero, en particular, en el campo académico. Afortunadamente se había estado trabajando en una animación digital de las instalaciones del SSN. El desarrollo de un recorrido virtual se encontraba ya casi terminado al inicio de la pandemia, se pensaba utilizar para aquellos grupos interesados en conocer el SSN que se encontrarán en el interior de la república y que se les complicara el transporte a la Ciudad de México. Este desarrollo resolvió el problema que nos presentó la pandemia y sirvió para continuar teniendo contacto con estudiantes respetando la distancia impuesta por las nuevas condiciones. Las visitas virtuales durante el período pandémico consistieron en este recorrido virtual acompañado por una plática sobre el Servicio Sismológico Nacional y la sismicidad en México. El recorrido virtual del SSN es una forma de conocer las instalaciones a través de una recreación de todo el edificio, siguiendo fielmente su diseño, y recorrer los diferentes espacios que lo componen. Incluso es posible visitar de manera virtual algunas secciones que no es posible conocer cuando la visita es presencial. En la actualidad se han reanudado las visitas presenciales, sin embargo, se pretende continuar ofreciendo la posibilidad de hacer visitas virtuales para quienes prefieran tener este tipo de experiencia sin necesidad de trasladarse a la Ciudad de México.

SE03-2

LAS REDES SOCIALES COMO HERRAMIENTA DIGITAL DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL CICESE

Morales Pérez Alina¹, Mitre Apaéz Andrea¹, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso¹, Andrade Gómez Luisa¹, Fimbres Pacheco María Ximena², Estrada Allis Sheila Natali¹ y Gómez Valdés José¹

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

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC
alimoral@cicese.mx

La difusión del conocimiento científico es una necesidad de primer orden para el desarrollo de la ciencia y la sociedad. Con el objetivo de poder ofrecer una mejor difusión de los trabajos científicos y llegar a un mayor público, el Departamento de Oceanografía Física (DOF) del CICESE implementó en tiempos de la pandemia de COVID-19 un programa de difusión y divulgación del conocimiento científico a través de herramientas digitales. El propósito de esta ponencia es compartir nuestras experiencias y dar a conocer nuestras actividades. Los primeros retos planteados por la pandemia fueron los seminarios de estudiantes e investigadores del DOF. Con el esfuerzo conjunto del grupo de redes denominado Comunicación Océfísica se logró transmitir seminarios en modo en línea y en modo presencial, a través de redes sociales. El resultado fue bueno, aprendimos que se maximiza la difusión de los seminarios, que se pueden revisar las pláticas guardadas y que se proporciona la oportunidad de invitar a investigadores que laboran en el extranjero. La difusión y divulgación del conocimiento científico por nuestro grupo incluye, por ahora, trabajos de campo en los mares mexicanos, premios y reconocimientos de nuestros estudiantes, técnicos e investigadores, así como efemérides de eventos relacionados con las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento del

DOF. Se trabaja actualmente con publicaciones constantes en redes sociales como Facebook, Instagram, Twitter y YouTube. El crecimiento de seguidores ha sido ininterrumpido desde la creación del grupo de redes. Podemos decir que ha sido una agradable y exitosa experiencia ya que se ha logrado llegar a un público que no imaginamos con buenos resultados y aceptación, generando difusión científica de vanguardia en los tiempos de pandemia.

SE03-3

¿POR QUÉ HACER UN PODCAST DE SUELOS?, SUELÓFONO: EL PRIMER PODCAST DE LA CIENCIA DEL SUELO EN ESPAÑOL

Cerón González Axel¹, Aceves Romero Jesús² y Solleiro Rebolledo Elizabeth³

¹Proyecto SUELOX

²Instituto de Geología, UNAM

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
axelc@ciencias.unam.mx

El recurso suelo es muy importante por las variadas funciones que cumple en el ecosistema. Sin embargo, solo los académicos dedicados a su estudio comprenden qué es, cómo se forma, cuánto tiempo tarda en formarse, lo fácil que es degradarlo, entre otros aspectos. Normalmente, el suelo es algo que no vemos y si no lo percibimos, no lo entendemos. El Suelófono, el primer podcast de la ciencia del Suelo en español, es una iniciativa del proyecto SUELOX y del Instituto de Geología de la UNAM, que surge precisamente de la necesidad de tener un medio de difusión y extender los conceptos sobre suelo a un público amplio. Además, buscamos una alternativa de difusión que pudiera tener un impacto, aún con las restricciones de la pandemia por COVID 19. Para llevar a cabo esta iniciativa, se obtuvo un financiamiento de la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo (IUSS por sus siglas en inglés, para apoyar el lanzamiento de la primera temporada, la cual contó con 6 capítulos sobre temas diversos: ¿qué son los suelos?, los suelos del pasado, suelos extraterrestres, historia de la ciencia del suelo, educación y sostenibilidad en ciencia del suelo y suelos urbanos. El formato del Suelófono es mediante entrevistas hechas a expertos del suelo, quienes buscaron hacer uso de un lenguaje sencillo y ameno. El impacto del Suelófono se ha determinado por el número de accesos a la plataforma, si el usuario escucha el capítulo hasta el final y de dónde se conecta. La segunda temporada, emitida en 2022, incluye un capítulo especial sobre el concurso de evaluación de suelos, a nivel internacional (grabado en inglés), así como entrevistas sobre los suelos de Cuba, el inicio del estudio de los suelos en la UNAM, el museo de suelos de México, qué son los caliches. Las "mediciones" muestran que los capítulos se escuchan en 15 países de habla hispana y no hispana.

SE03-4

DEL ENTORNO RURAL AL VIRTUAL: EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE E IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LA UNIVERSIDAD DEL MAR

Solano Hernández Ericka Alinne¹, Chapa Balcorta Cecilia¹, Guerrero Arenas Rosalía², Tenorio Salgado José Manuel³ y Ahumada Sempoal Miguel Ángel¹

¹Universidad del Mar campus Puerto Ángel

²Universidad del Mar campus Puerto Escondido

³Universidad del Mar campus Huatulco

erika_solano@aulavirtual.umar.mx

Antes del 2019 el término de aula virtual parecía tan alejado de la realidad, y ahora, dos años después seguimos aprendiendo e implementando herramientas educativas y de difusión del conocimiento. Profesores, investigadores, padres y estudiantes hemos tenido que aprender y generar métodos de auto-aprendizaje a distancia aún cuando no se contaba con los recursos económicos o un lugar donde poder tomar la clase, en un entorno agreste con carencias de servicios básicos que se remarcaban más en la temporada de tormentas y ciclones tropicales. No es posible asumir igualdad de oportunidades cuando la población estudiantil tiene condiciones diversas tanto sociales, como económicas y culturales. Se generaron bajas en los estudiantes de los primeros semestres principalmente los de nuevo

Brillo (Brightness). Con estos datos se generaron clasificaciones que contienen cinco niveles de sequía (Muy Fuerte, Fuerte, Moderado, Leve y Sin sequía aparente). La clasificación se realizó mediante árbol de decisión. Las imágenes resultantes se utilizaron para establecer un análisis de progresión. La exactitud global en la clasificación es de 85 % y el análisis de cambio muestra una progresión de 17.9 % en toda la zona analizada. Los resultados se corresponden con el comportamiento de los periodos de lluvia, pero también muestran una correlación con ciertos tipos de vegetación que son más susceptibles a la escasez de lluvia como los matorrales que cubren el 42 % de la zona de estudio. Este trabajo demuestra la utilidad de la app GEE como herramienta para facilitar el desarrollo de métodos eficaces para análisis rápidos y eficaces sobre los procesos naturales observados en la superficie. Además, al ser una herramienta gratuita, se puede implementar fácilmente su inclusión en los cursos de los programas educativos en Ciencias de la Tierra.

SE03-9

ILUSTRACIÓN E INFOGRAFÍA PARA LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA.

Chávez Sánchez Carla Sofía¹, Pilatowsky Gruner Raiza², Bastien Olvera Bernardo Adolfo³, Ramírez Salazar Anthony⁴ y Ramírez Calderón Mónica⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM - Estudios Planeteando

²Estudios Planeteando

³Estudios Planeteando, Scripps Institution of Oceanography

⁴Estudios Planeteando, Facultad de Ciencias, UNAM

carlasofia666@ciencias.unam.mx

En la divulgación de la ciencia los recursos gráficos juegan un papel fundamental para facilitar el entendimiento de un tema científico que a veces se puede sentir ajeno o complicado. En años recientes, plataformas digitales como Instagram han ganado auge y saber comunicar visualmente un tema científico de manera clara es vital. En este trabajo presentamos una forma innovadora de promover la lectura de blogs de geociencias a través de ilustraciones fáciles de entender y visualmente atractivas publicadas en Instagram y con enlace directo al blog. Esta técnica se ha vuelto una manera de fomentar la lectura completa de los blogs pero también en sí misma es una forma de comunicación independiente. En este trabajo mostramos la eficiencia de esta herramienta a través de las estadísticas de nuestros blogs en Planeteando.org y compartimos posibles caminos a seguir en el futuro para entusiastas de la divulgación que deseen comenzar con esta labor tomando en cuenta público objetivo, medio de difusión, tema a tratar y la reacción que se busca provocar en el público.

SE03-10

MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN CURSOS A DISTANCIA

Gutiérrez Rodrigo¹, Serrano López Gabriel², Vidal Reyes María Isabel² y Fitz Díaz Elisa²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

rgutierrez@geociencias.unam.mx

Durante las clases de geología estructural impartidas en modalidad virtual durante la pandemia por el virus SARS-CoV-2, se buscaron nuevas estrategias y recursos de enseñanza-aprendizaje, lo cual nos hizo notar la poca oferta de material didáctico e información actualizada y veraz disponible en español. Por estos motivos, se elaboró material didáctico y se compiló herramientas para mejorar la experiencia de aprendizaje para desarrollar la visualización espacial de estructuras geológicas. En este trabajo se comparten experiencias y herramientas agrupados en 3 laboratorios: 1) Uso de la Brújula y Red Estereográfica, 2) Fallas y 3) Pliegues elaborados por un grupo de profesores de las asignaturas de Geología Estructural a lo largo de los últimos 3 años. Así mismo, se presentan los resultados de una encuesta contestada por algunos exalumnos que utilizaron el material durante los cursos virtuales. Se presentan ejercicios didácticos los cuales fueron de gran ayuda para que el alumnado visualice y comprenda la importancia de analizar y dimensionar estructuras geológicas en 3D. Los laboratorios presentados tienen como complemento recursos en línea como videos y presentaciones, así mismo se adaptaron modelos análogos de papel y/o madera para el reconocimiento e identificación de estructuras geológicas. También se utilizaron programas de cómputo y recursos como afloramientos y visitas geológicas virtuales para la observación, caracterización y reconocimiento de estructuras. De esta experiencia se ha visto que las horas de práctica invertidas en la clase aumentaron considerablemente ya que la mayoría de las clases se basaron en actividades prácticas e inmersivas con el estudio previo de lecturas, presentaciones y videos explicativos. Con este trabajo buscamos compartir los recursos generados durante la pandemia y nuestra experiencia como docentes al utilizar este material de manera remota, así mismo buscamos señalar ventajas y oportunidades para mejorar dinámicas y materiales utilizadas tanto en modalidad virtual como presencial entre el alumnado, profesorado, así como público en general interesado en la Geología Estructural.

SE03-11

LOS RETOS Y OPORTUNIDADES DE REGRESAR A ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN PRESENCIAL

Reséndiz Fuentevilla Danna Éricka¹, Silva Aguilera Raúl¹, Pilatowsky Gruner Raiza², Bastien Olvera Bernardo Adolfo³, Ramírez Salazar Anthony³ y Ramírez Calderón Mónica³

¹Facultad de Ciencias, Estudios Planeteando

²Scripps Institution of Oceanography y Estudios Planeteando

³Estudios Planeteando

dannaresendiz@ciencias.unam.mx

La pandemia por covid19 orilló a realizar la mayoría de las actividades no esenciales de manera virtual, incluyendo la divulgación de las geociencias. Sin embargo, una vez que las regulaciones sanitarias fueron levantadas se comenzó a pensar en cómo volver a la nueva normalidad. En esta plática/poster analizamos dos sesiones de la exposición interactiva "El viaje del agua" que realizamos desde Planeteando en marzo y mayo del 2022 durante el día mundial del agua y el TierraFest respectivamente. Específicamente, comparamos la recepción que tuvieron estas actividades presenciales respecto al contenido que Planeteando siguió generando virtualmente durante esos días. Resaltamos los retos más inesperados que trajeron consigo la nueva normalidad para realizar actividades de divulgación y ofrecemos consejos sobre buenas prácticas para exposiciones interactivas post-pandemia.

SE03-12

¿CÓMO CREAR PROYECTOS DE DIFUSIÓN DE LA CIENCIA?

Desentis Peña Sandra¹, Pilatowsky Gruner Raiza², Bastien Olvera Bernardo Adolfo², Ramírez Salazar Anthony², Ramírez Calderón Mónica² y Silva Aguilera Raúl²

¹Estudios Planeteando, Facultad de Ciencias, UNAM

²Estudios Planeteando

sandradesentis@ciencias.unam.mx

Todas las personas interesadas en la ciencia pueden observar en redes sociales los frutos que los proyectos de difusión brindan, pero ¿cómo se inician? ¿cómo se plantea un proyecto así? ¿a qué se le debe de dar prioridad? ¿cuál es el primer paso? ¿cómo le doy seguimiento? y, sobre todo, ¿a qué tipo de contenido gráfico le tengo que dar prioridad? A partir de dos casos de estudio: Planeteando y El Aleph: conciencia alternativas, se analizarán las formas en las que se crean y las áreas de oportunidad que surgen en cada uno de ellos. En este trabajo se analizan las experiencias empíricas de cada proyecto, al igual que las estadísticas de sus respectivas redes sociales y blogs. Asimismo, se identificará cuál contenido es más llamativo para los diferentes tipos de público, puntualizando consejos para la creación de tu propio proyecto de difusión de la ciencia.

SE03-13

COMUNICACIÓN DE LOS SOCIOECOSISTEMAS COSTEROS PARA LA RESILIENCIA DEL LABORATORIO NACIONAL DE RESILIENCIA COSTERA

Ortígosa Deneb¹, Granados Karol¹ y Salles Paulo^{1,2}

¹Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, LANRESC

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros Sisal, Instituto de Ingeniería, UNAM

deneb.ortigosa@ciencias.unam.mx

Bajo la premisa de que comunicación de la ciencia permite tomar decisiones informadas, el Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC) comparte a través de diferentes medios, impresos (artículos de divulgación, Newsletter bimestral, informe anual, trípticos,...) y digitales (redes sociales, listas de distribución, portal,...) y en diferentes foros y redes el trabajo que realiza en los siete Observatorios Costeros para la Resiliencia (OCR), dos en el Pacífico y cinco en el Golfo de México. Entre los proyectos vigentes, se encuentra la elaboración de una Tarjeta de Reporte para cada OCR, lo que permite comunicar de forma concisa el estado de salud actual de cada socioecosistema a partir de datos duros y talleres transdisciplinarios con la participación de gobierno, academia, industrias y sociedad civil, actualmente se han publicado tres de ellas (https://www.lanresc.mx/publicaciones/tarjetas_reporte). Otro de los proyectos es la Campaña para la determinación del índice TRIX, que implica monitoreo extensivo semi-simultáneos en los siete OCR, para evaluar el estado trófico de los cuerpos de agua; este proyecto inició en el 2021 y el plan es realizarlo anualmente por cinco años. Finalmente, fomentamos la ciencia ciudadana a través de la plataforma Naturalista (<https://www.inaturalist.org/projects/observatorios-costeros-lanresc>), lo que ha permitido registrar 3,702 especies (al 2/agosto/2022), de las cuales 231 especies están en alguna categoría de riesgo, regional o mundial. Durante esta presentación, les compartiremos nuestras experiencias durante la pandemia y los pasos propuestos para una transición a un formato híbrido, con la intención de mejorar la comunicación y difusión de temas que en general atañen a las zonas marino-costeras de México.

SE03-14

DIVULGANDO CIENCIA CON PERSPECTIVA LGBTIQ+

Tristán Flores Pedro Adad¹, Ramírez Salazar Anthony², Pilatowsky Gruner Raiza³, Bastien Olvera Bernardo Adolfo⁴ y Ramírez Calderón Mónica³

¹Facultad de Ciencias, UNAM - Estudios Planeteando, Universitas

²Estudios Planeteando, Facultad de Ciencias, UNAM

³Estudios Planeteando

⁴Estudios Planeteando, Scripps Institution of Oceanography

pedrodad@ciencias.unam.mx

La divulgación hace a la ciencia inclusiva y accesible, atendiendo a las necesidades de conocimiento de su público. Es por eso que durante la pandemia surge “Ciencia Diversa y +”, un evento liderado por el proyecto “Perrito Biólogo” y apoyado por Planeteando que destaca la relación de la ciencia con la diversidad sexo-genérica LGBTIQ+, por medio de conferencias, infografías y utilizando el drag como medio para comunicar ciencia de manera creativa. La ciencia puede contribuir con temas como el impacto diferenciado al cambio climático que sufren las minorías, la diversidad morfológica, etc. Comunicar estos temas puede ayudar a combatir la desinformación que los rodea, contribuyendo a reducir la violencia y discriminación que oprimen a las personas LGBTIQ+. En esta presentación analizamos el impacto en las audiencias y proveemos una visión de las áreas de oportunidad y buenas prácticas para proyectos de divulgación científica que deseen fortalecer su conexión con la diversidad sexo-genérica LGBTIQ+.

SE03-15

SISMONOPOLY

Iglesias Arturo, Cárdenas Monroy Caridad, Ruiz Iván y Sosa Miguel

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

arturo@geofisica.unam.mx

Con efecto de sensibilizar al público general acerca de la ocurrencia de sismos en México, se diseñó un juego de mesa enfocado a mayores de 14 años y en el que pueden participar dos o más personas. El juego está basado en el catálogo público de sismos del Servicio Sismológico Nacional y permite que las personas se familiaricen con la distribución de la sismicidad a lo largo del territorio nacional y la frecuencia de los sismos con respecto de la magnitud. Puede ser jugado por dos o más personas y utiliza poco material que puede ser conseguido fácilmente.

SE03-16

VIDEOS ANIMADOS “LA CIENCIA DE LOS VOLCANES”, MATERIAL PARA LA DIVULGACIÓN DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS

Rangel Granados Elizabeth¹, Vásquez Serrano Alberto² y Alaniz Álvarez Susana Alicia³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

elizrangel@gmail.com

La serie “La ciencia de los volcanes”, conformada por cuatro videos animados, busca explicar de manera sencilla y visual fenómenos volcánicos complejos tales como: las causas de una erupción volcánica, el proceso de fragmentación del magma, la relación entre las erupciones volcánicas y el clima, y cómo los vulcanólogos pueden saber la edad de una erupción. Estos videos fueron diseñados con el estilo de animación stop motion, el cual utiliza una secuencia de fotografías que se reproduce a gran velocidad para dar la sensación de movimiento. Los videos se crearon para un público con un amplio rango de edades, desde niños mayores de 10 años hasta adultos de todas las edades, además de que pueden ser utilizados por docentes de educación básica, media y superior (para aquellas carreras relacionadas con Ciencias de la Tierra) para complementar sus clases. Estos videos fueron publicados en un canal dedicado a compartir videos (YouTube®) para su fácil acceso. Las ligas de los cuatro videos son las siguientes: Capítulo I – El magma y las causas de una erupción volcánica: <https://youtu.be/WUveKa5EePY> Capítulo II – Tipos de actividad volcánica y la fragmentación del magma: <https://youtu.be/o9oKhsiDfB4> Capítulo III – Erupciones volcánicas y el clima: https://youtu.be/iBMcl11_xoY Capítulo IV - ¿Cómo sabemos la edad de una erupción?: <https://youtu.be/4DPdM6-YSwU>

SE03-17 CARTEL

PRONÓSTICO: UN PODCAST SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO QUE SURGE EN MEDIO DE LA INFODEMIA

Ortiz Bretón Luciana Sofía, Cruz Isidro Esteban, González Ríos Sofía, Arenas Ortiz Iván Esaú y San Miguel Rodríguez Silvia Ivonne

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

luciana@atmosfera.unam.mx

¿El cambio climático es real? ¿Es lo mismo que el calentamiento global? ¿Quiénes han estudiado el cambio climático a lo largo de la historia? ¿Por qué no se ponen de acuerdo las(os) científicas(os)? ¿Qué hacen nuestros tomadores de decisiones? ¿Qué podría yo hacer al respecto? Son las preguntas sobre las que trata el podcast Pronóstico. Dirigido a un público joven, busca explicar históricamente este fenómeno coyuntural, los movimientos sociales que surgen, las diversas perspectivas en

debate y dar un pronóstico de los retos que nos esperan. Pronóstico surge durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19, como un proyecto de servicio social de estudiantes de Ciencias de la Tierra dentro del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC). Eventualmente trascendió a un proyecto institucional de apoyo a la divulgación de la ciencia del cambio climático, siendo una propuesta novedosa dentro de las instituciones de investigación científica de la UNAM. Al ser un podcast surgido durante la cuarentena, la totalidad del trabajo se llevó a cabo de manera remota, lo cual implicó diversos retos técnicos para el equipo. Desde conseguir material para grabación y la adaptación de espacios a modo de estudio, hasta aprender el uso de softwares de edición que permitieran entregar un producto de calidad. En cuanto al trabajo de investigación y redacción de contenido, se buscó que el programa no solo contuviera información, sino que contara una historia que fuera interesante para el público. Esto impulsó el desarrollo de una mejor comunicación y organización del equipo dentro de un espacio virtual. Hasta el momento se han publicado un capítulo en donde se explica qué es el cambio climático, y una serie de cápsulas acerca de la historia de la ciencia del cambio climático. Asimismo, se han realizado actividades que buscan conectar con la comunidad, como un especial en vivo por el Día de la Tierra 2021, un concurso de ilustración y un taller de lectura para incentivar la participación e interés del público. Próximamente se publicará un capítulo destinado a explicar el activismo climático, para el cual se realizaron algunas entrevistas a colectivos involucrados en el tema. Todo esto en conjunto, busca aportar una nueva forma de narrar el cambio climático, su historia y las diferentes formas de abordar y responder a este fenómeno.

Sesión especial

INSTRUMENTACIÓN Y PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN EN GEOFÍSICA

Organizadores

Armando Carrillo
Gerardo Cifuentes
David Escobedo
Jesús Sánchez

SE04-1

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS PARA EL RADIOTELESCOPIO MEXART

Carrillo Vargas Armando, Hernández Quintero Juan Esteban, Cifuentes Nava Gerardo, Caccavari Garza Ana y Sandoval Quintana Osiris
Instituto de Geofísica, UNAM
armando@igeofisica.unam.mx

El radiotelescopio MEXART, emplea una antena con un área de casi 10,000 metros cuadrados integrada con 4096 dipolos operando a una frecuencia de 140 MHz, la antena es alimentada con 64 amplificadores de bajo ruido que aportan una ganancia de 30dB a cada señal que es captada y es etapas posteriores filtrada y enviada la señal al sistema de receptores del telescopio. La antena ubicada en una Ciénega se encuentra permanentemente expuesta a todo tipo de energía electromagnética de origen antropogénico o natural, uno de los fenómenos naturales más extremos que pueden dañar la operación del radiotelescopio son las descargas eléctricas atmosféricas o tormentas eléctricas. La antena al ser el elemento del radiotelescopio de mayor área e integrada con elementos conductores se convierten en elementos que pueden atraer descargas eléctricas con resultados desastrosos para la operación del sistema de amplificación y filtrado de la señal. En este trabajo presentamos un a propuesta de diseño de todo un sistema integral para proteger la antena, los sistemas de filtrado y amplificación de señal del radiotelescopio, además de la zona de laboratorios e instalaciones asociadas...

SE04-2

SENSORES DE BAJO COSTO COMO ALTERNATIVA PARA EL MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO Y VARIABLES METEOROLÓGICAS EN ZONAS URBANAS

Cejudo Ruiz Fredy Ruben, Carrillo Vargas Armando y Sandoval Quintana Osiris
Instituto de Geofísica, UNAM
xinef2005@yahoo.com.mx

El aumento de las fuentes de emisiones de material particulado antrópico causado por la expansión de desarrollo urbano, trate como consecuencia que la calidad del aire respirable disminuya provocando un deterioro en el ambiente y en la salud humana. Los altos costos de instalación y mantenimiento de las estaciones homologadas de monitoreo de material particulado dificulta su implementación para formar redes de monitoreo en las ciudades, lo que es un asunto primordial para evaluar condiciones de contaminación del aire. En esta investigación, se presenta el diseño de una nano estación de monitoreo de calidad del aire que usa sensores de bajo costo (SBV) para medir material particulado: PM10, PM2.5 y variables meteorológicas (temperatura del aire, humedad relativa del aire, presión relativa). El objetivo de la investigación fue: evaluar la capacidad y calidad de los sensores de bajo costo para medir material particulado suspendido PM10, PM2.5 y variables meteorológicas en condiciones ambientales exteriores e interiores, con el propósito de determinar su viabilidad como sensores de monitoreo alternativo la medición de la calidad del aire en zonas urbanas. Se muestran los resultados preliminares de las pruebas de medición de la nano estación de monitoreo de la calidad del aire en condiciones controladas.

SE04-3

RED DE MONITOREO PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA EN CONDICIONES AMBIENTALES MEDIANTE EL USO DE SENSORES GEO-AMBIENTALES, EN ENTORNOS URBANOS DE MÉXICO: ESTUDIO EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO

Rodríguez Trejo Alejandro¹, Ibarra Ortega Héctor¹, Böhnel Harald¹, Salcedo González Dara², Magaldi Hermsillo Adolfo³, Chaparro Marcos Adrián Eduardo⁴, Chaparro Mauro Alejandro Eduardo⁵, Márquez Ramírez Víctor Hugo¹ y Corbo Fernando¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Facultad de Ciencias – UMDI – Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla

³Escuela Nacional de Estudios Superiores - UNAM, Campus Juriquilla

⁴Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA), Argentina

⁵Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP), Argentina
alexrt@geociencias.unam.mx

El estudio del impacto de la actividad antropogénica en las condiciones ambientales de zonas urbanas es uno de los temas más importantes a nivel global. Conocer y evaluar el impacto permite tomar medidas de prevención y remediación que coadyuvan a mejorar las condiciones de vida de la sociedad. El proyecto contempla la combinación de diferentes áreas de las geociencias para evaluar el efecto de la actividad humana en las condiciones ambientales. Se llevará a cabo de manera inicial en la ciudad de Querétaro, la cual abarca una población de alrededor de un millón de habitantes y está distribuida en tres municipios conurbados. Para ello, se está desarrollando una red de monitoreo ambiental, mediante el uso de sensores geo-ambientales como son: partículas suspendidas (PM 2.5, PM 1.0 y PM 10), intensidad del campo magnético, temperatura, humedad atmosférica y en suelos, presión atmosférica, ruido, radiación ultravioleta, micro sismicidad, dirección y velocidad del viento. Todos ellos integrados en un dispositivo desarrollado en México, que mide en tiempo real los diferentes parámetros, y que a la vez transmite en tiempo real vía internet a una plataforma web integral que permite el procesamiento, almacenamiento, visualización y difusión de datos. Así como el desarrollo de un modelo diferencial que contemple todos los parámetros medidos, y los efectos que tienen en ellos las diferentes actividades humanas, como son la actividad comercial, industrial, escolar, de tránsito, entre otras. Los datos obtenidos serán de acceso libre y gratuito para cualquier persona en cualquier parte del mundo. El dar a conocer las condiciones ambientales en el momento permitirán a la población de la ciudad de Querétaro, la toma de decisiones para sus actividades diarias. De igual manera el conocer en conjunto los efectos de la actividad humana en diferentes condiciones ambientales permitirán la toma de decisiones sociales y gubernamentales para la mejora de las condiciones de vida de la sociedad. Por el otro lado, la instalación de los monitores ambientales en escuelas y universidades permitirá utilizarlos para la educación ambiental, ya que relaciona los datos observados de manera directa con el ambiente local y diario de los estudiantes, en vez de tener que discutir datos de estaciones meteorológicas distantes sin saber si estos datos tienen alguna relación con el centro educativo.

SE04-4

SISTEMA DE ADQUISICIÓN, TRANSMISIÓN, ADMINISTRACIÓN Y PUBLICACIÓN DE DATOS DEL OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO DE TEOLUYUCAN (TEO), MÉXICO.

Caccavari Garza Ana¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero Juan Esteban¹, Carrillo Vargas Armando¹ y Sandoval Osiris²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

anavari@gmail.com

El Observatorio Magnético de Teoloyucan inició su funcionamiento en el año de 1914, siendo hasta la fecha único en su tipo en el país. A lo largo de este tiempo ha ido evolucionando y modificando los diferentes instrumentos y sistemas de transmisión de los datos geomagnéticos que registra. En este trabajo se describen detalladamente las diferentes plataformas de adquisición, transmisión, administración y publicación de datos, así como los retos que se enfrentan actualmente para seguir generando datos geomagnéticos regionales de alta calidad.

SE04-5

SISTEMA DE ADQUISICIÓN EN DISPOSICIÓN CONCÉNTRICA

Rojas Hernández Rodrigo, Reyna Vielma Roxana Joycye y Rodríguez González Miguel

Instituto de Ingeniería, UNAM

rojash@ingen.unam.mx

La presentación trata sobre la técnica sísmológica conocida como CCA que permite estudiar la estructura de la velocidad de cortante en función de la profundidad y que lo hace utilizando un arreglo circular de sensores sin estación central. El alcance en profundidad de CCA, en función de la extensión del arreglo de sensores, es mayor que el alcanzado con la técnica común SPAC, lo que guió el diseño de un elemento que aloja sensores del movimiento del terreno en una configuración concéntrica. Los sensores se acoplan al terreno mediante un dispositivo que permite registrar el movimiento del terreno en su componente vertical. Los sensores, son geófonos que se acoplan a la superficie con un tripode. Cada geófono está conectado a un convertidor analógico digital del tipo sigma delta y 24 bits. El sistema de registro, así como los conversores analógico digitales, está integrado en un módulo que lo protege del polvo y agua, cumpliendo la norma IP 67. Esta particularidad lo hace robusto y de fácil manejo en condiciones de trabajo extremo. Durante el registro del campo de ruido sísmico ambiental, se hace uso de una laptop. Actualmente se está trabajando para embeber todo el sistema de registro, visualización y respaldo de la información de campo en un elemento que permita reemplazar el uso de la laptop y facilite el uso del equipo por un solo técnico, así como hacer la adquisición con diferentes diámetros del arreglo.

SE04-6

DISEÑO CONJUNTO EN LA NO UNICIDAD EN ESTUDIOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA SOMERA

Cifuentes Nava Gerardo, Escobedo David, Cárdenas

Martin, Hernández Esteban y Sánchez Jesús

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

gercifue@geofisica.unam.mx

Se presenta una reflexión acerca de levantamientos geofísicos de exploración geofísica somera (NSG, por sus siglas en inglés) enfocados a resolver el principio de no unicidad, donde el enfoque primordial está basado en no sólo las propiedades físicas que deben de ser contempladas en cada objetivo, sino además en el diseño y compatibilidad de los estudios para resolver el problema planteado. Cada uno de los casos mencionados muestran las virtudes y carencias de los métodos empleados donde podemos apreciar fundamentalmente que hace falta implementar para poder llevar a cabo un trabajo que muestre un resultado conciso acerca del objetivo en particular. Finalmente se concreta una serie de puntos de vista y consideraciones enfocados a que un estudio de NSG pueda llevar de la mejor manera el principio de no unicidad en la geofísica como una guía general, pero no única, de manera para resolver de buen término estudios de esta índole.

SE04-7

PROYECTO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA Z. A. DE CHICHÉN ITZÁ

Argote Espino Denisse¹, Carrillo Vargas Armando², Sandoval Osiris², Cifuentes Nava Gerardo², Hernández Quintero Juan Esteban², Caccavari Garza Ana², Santos Ramirez Marco Antonio³ y López García Pedro A.⁴

¹Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Zona Arqueológica de Chichén Itzá, INAH

⁴Posgrado de Arqueología, ENAH

efenfi@gmail.com

Nuestro país concentra una gran cantidad de sitios y zonas arqueológicas de inestimable valor. Un ejemplo de esto es la zona arqueológica de Chichén Itzá, símbolo del poder político y religioso que alcanzaron los mayas en el periodo posclásico y, actualmente, joya del patrimonio cultural de la nación que recibe más de 2 millones de visitantes al año. Sin embargo, un elemento sustantivo y prácticamente no considerado es la protección del patrimonio arqueológico ante los cambios climáticos y meteorológicos y los eventos catastróficos naturales como sismos, vulcanismo, inundaciones, huracanes, incendios forestales, entre otros. Los cambios ambientales someten a un "estrés" de manera constante a todos los elementos de una zona arqueológica (edificios, pinturas, estructuras, entre otros), acelerando su degradación o cambio en sus propiedades físico-químicas originales. En las últimas décadas, han ido poco a poco en aumento los sitios relevantes a nivel mundial con patrimonios arqueológicos reconocidos que han aplicado tecnología de vanguardia orientada al estudio, monitoreo, protección y conservación de edificios arquitectónicos y piezas relevantes. México no debe ser la excepción. Este proyecto presenta una propuesta para la instrumentación tecnológica de la Zona Arqueológica de Chichén Itzá mediante la implementación de diversos sistemas de monitoreo que permitan determinar las condiciones físicas actuales de los edificios principales de la zona prehispánica. La propuesta integra varios elementos para establecer un monitoreo en tiempo real de las principales variables ambientales: temperatura del aire, presión barométrica, humedad relativa del aire, precipitación, radiación solar, campo magnético, georreferencias GNSS, ruido sísmico y un detector activo para monitoreo de descargas atmosféricas. El adecuado empleo de estos sistemas permitirá establecer programas o acciones institucionales para mitigar daños potenciales a la sociedad, a la infraestructura y, sobre todo, al patrimonio cultural de la nación y la humanidad.

SE04-8

MAGNETOMETRÍA AÉREA UTILIZANDO DRONES

Méndez Jesús

Geophysical Surveys S.A. de C.V., GSU

jmendez@gsu.com.mx

El avance tecnológico ha permitido reducir la instrumentación geofísica para ser usada a bordo de drones, mismos que también han evolucionado a pasos agigantados. De esta forma hoy podemos tener los mismos o mejores resultados que un estudio aeromagnético convencional en avión o helicóptero a un costo mucho menor y sin comprometer vidas humanas. Sin embargo para realizar exitosamente una campaña aeromagnética con drones hay una gran cantidad de factores que los fabricantes de instrumentos no han considerado ni los fabricantes de drones, es aquí donde la creatividad del geofísico se pone a prueba.

SE04-9

PROTOCOLOS Y BUENAS PRÁCTICAS DE ADQUISICIÓN PARA MÉTODOS POTENCIALES

Sánchez-González Jesús¹, Escobedo-Zenil David² y Cifuentes Nava Gerardo³

¹Posgrado IEERN, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

jsanchez@unam.mx

Debido a la nueva generación de instrumentos, la automatización y la adquisición de grandes volúmenes de datos, se ha renovado el uso de los métodos potenciales para exploración geofísica. Estos instrumentos (gravímetros, magnetómetros y sistemas GPS) distan bastante de sus equivalentes empleados en los 70s y 80s para exploración petrolera, por lo cual sus uso y cuidados deben actualizarse para las nuevas formas de adquisición. Para ello, presentamos una serie de procedimientos y prácticas para revisar y calibrar los instrumentos empleados, diseñar y llevar a cabo una planeación adecuada de la adquisición, y definir criterios de adquisición y evaluación de los datos, a fin de que se obtenga el mejor resultado de acuerdo con los objetivos de nuestro levantamiento.

SE04-10

DISPOSITIVO PARA LA EXPLORACIÓN SÍSMICA DE PAVIMENTOS

Rojas Hernández Rodrigo, Reyna Vielma Roxana Joycie, Ramírez Nájera José Ángel, Suárez López Martha María y Rodríguez González Miguel
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 rrojash@ingen.unam.mx

La presentación trata sobre mejoras recientes en la evaluación de estructuras de pavimentos asociadas a la incorporación de ensayos sísmicos no destructivos en la estimación de módulos y espesores, así como del instrumental requerido para implantarlos. La experimentación se hizo en dos pavimentos aeroportuarios usando una combinación de las técnicas sísmicas: MASW y MSOR. Los módulos y espesores obtenidos son comparables a los obtenidos con el par FWD - GPR. El número de pares fuente – receptor, la extensión máxima del tendido y la duración de los registros requerida para captar la información del campo de ondas necesaria principalmente, fueron utilizados para diseñar un dispositivo, que arrastrado por un vehículo, puede hacer este tipo de levantamiento de manera ininterrumpida. Se presenta un recuento detallado de los equipos comerciales que hacen este tipo de exploración y se contrastan con el móvil diseñado.

SE04-11

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA MEDIR LA HUMEDAD PORCENTUAL Y TEMPERATURA EN SUELOS MEDIANTE UN MÉTODO GEOELECTRICO

Sandoval Osiris¹, Carrillo Vargas Armando², Cifuentes Nava Gerardo², Hernández Quintero Juan Esteban² y Caccavari Garza Ana²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 osirissandovalq@gmail.com

En este trabajo se presenta el diseño construcción e implementación de un sensor de operatividad continua de tipo resistivo, capaz de medir las variaciones de humedad en suelos a profundidades aproximadas entre 0.20m y 1.00m, y que a su vez mide las variaciones de temperatura de los suelos donde se encuentre inserto. Todo esto con el objetivo de realizar una caracterización del suelo donde se implemente y que sea considerado a ser utilizado en diferentes rubros a diferentes necesidades tales sean: Sistemas agrícolas, Geotecnia y obra Civil y el Área de Peligros y Riesgos. El sistema se construyó de manera modular y consta de un bloque de sensores de humedad en suelos, bloque de sensores de temperatura en suelos, bloque de sensores de variables físicas (temperatura del aire, humedad relativa del aire, presión relativa) una etapa para la adquisición de datos y etapa de transmisión de datos. El dispositivo se construyó con componentes de fácil adquisición y el sistema fue calibrado y evaluado satisfactoriamente en pruebas de laboratorio con suelos conocidos de invernaderos y en campo.

SE04-12

EL IMPACTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL SOBRE SENSORES SÍSMICOS. CASO DE ESTUDIO: SENSOR DE VELOCIDAD MODELO 6TD, GURALP.

Martínez-González José A.¹, Cárdenas-Soto Martín¹, Carrillo Vargas Armando² y Sandoval Quintana Osiris²
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
 jose.martinez@ingenieria.unam.edu

El empleo de sensores para caracterizar cualquier tipo de fenómeno dinámico es un tema recurrente en el campo de la ingeniería. En el caso de la ingeniería sísmica o de la ingeniería geofísica, el empleo de sismógrafos o acelerógrafos es bastante amplio. Las estimaciones de parámetros dinámicos del suelo van desde la velocidad de partícula, velocidades de onda de corte y compresional, frecuencia del terreno, etc. Asimismo, puede aplicarse para la caracterización de estructuras civiles, siendo estos temas de interés en el día a día en la ingeniería aplicada. Sin embargo, al momento de realizar este tipo de estudios es necesario tener en consideración conocimientos sobre la metodología a emplear, el tipo de instrumento a utilizar, la sensibilidad y su rango dinámico de adquisición, además del intervalo de temperatura de operación. Sin embargo, este último aspecto llega a ser olvidado durante las operaciones en campo. En esta sesión se presenta el desempeño de un sensor de velocidad de banda ancha modelo 6TD de Guralp ante variaciones térmicas durante la adquisición de datos en campo. Se abordan y discuten aspectos electrónicos para identificar el fallo durante la operación de este tipo de aparatos que son ampliamente usados en la rama de la sismología por su robustez y practicidad en su empleo. El objetivo es aportar conocimientos empíricos que puedan solventar en algún momento este tipo de errores durante su empleo.

SE04-13 CARTEL

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE NODOS PORTABLES, INALÁMBRICOS, DE BAJO COSTO Y DE BAJO CONSUMO PARA LA ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

Ramírez López Fabián¹, Sánchez de Aparicio Calvillo Alberto², Yáñez Casas Gabriela Aurora³, Hernández Gómez Jorge Javier³ y Trujillo Alcántara Alfredo⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 9 "Juan de Dios Bátiz" CECYT 9.
 Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas UPIITA
²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 9
 "Juan de Dios Bátiz" CECYT 9. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México
³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial
⁴Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
 framirez1900@alumno.ipn.mx

Una de las aplicaciones de monitoreo más prometedoras de los sistemas basados en el internet de las cosas (IoT, Internet of Things, en inglés) es el estudio de variables que pueden revelar los efectos regionales y locales del cambio climático. No obstante, en 2020 solo alrededor del 44% de la población mundial vivía en áreas no urbanas, y se espera que se reduzca al 32% para 2050, por lo que el monitoreo de las variables relacionadas con el cambio climático tanto en el campo como en las regiones despobladas podría no recopilar de manera efectiva los registros en regiones no habitadas, que podrían ser necesarios para comprender mejor, pronosticar y, por lo tanto, mitigar los efectos del cambio climático a escala local, regional y global. En este sentido, los dispositivos electrónicos de bajo consumo de energía resultan ser ideales para aplicaciones de todo tipo, en particular de monitoreo remoto. Los sistemas electrónicos de esta clase tienen ventajas sobre los equipos de gran magnitud, tales como la eficiencia, durabilidad, portabilidad, confiabilidad, flexibilidad (es posible adaptarlo a la aplicación que se necesite), escalabilidad (es posible agregar los dispositivos de adquisición requeridos) y sobre todo el bajo costo que representa su desarrollo. En este trabajo se presenta la implementación de un sistema de monitoreo para la adquisición de variables meteorológicas a través de plataformas programables de fácil comprensión y construcción. El sistema consta de un par de nodos de adquisición de datos compuestos por diferentes sensores, un módulo de recepción de datos y uno de almacenamiento. Dicho sistema es capaz de adquirir, almacenar y transmitir de manera inalámbrica grandes cantidades de datos durante periodos de tiempo considerables, lo que los hace altamente autónomos. Mas aún, su gran ligereza y reducido tamaño le permiten una gran portabilidad lo que permite llevarlos, implementarlos y reubicarlos cuando sea necesario. Los puntos de adquisición diseñados son capaces de recabar datos de variables del ambiente tales como temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, intensidad de lluvia, intensidad de luz ultravioleta y mediciones de concentración de partículas y gases (LPG, propano, hidrógeno, alcohol etílico, metano, butano, monóxido de carbono, nitrógeno y dióxido de carbono, humo, polvo y material particulado 2.5). Estos nodos de adquisición de datos pueden ser de gran interés para diversas ramas de las Ciencias de la Tierra entre las cuales se pueden destacar: vulcanología, estudio de la atmósfera, suelos e hidrología, así como para la adquisición masiva de datos para la evaluación del cambio climático. El sistema presentado es una gran opción para la instrumentación debido a los beneficios del ultra bajo costo, consumo y gran cobertura inalámbrica.

SE04-14 CARTEL

MÉTODO DE RESPALDO Y TRATAMIENTO DE DATOS DEL MEXART

Villanueva Hernández Pablo¹, Aguilar Ernesto¹, Barón Martínez Griselda², González Esparza Juan Américo¹, Mejía Ambríz Julio¹ y Andrade Ernesto¹

¹Observatorio de Centelleo Interplanetario, UNAM, MEXART
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
 pablo@geofisica.unam.mx

El Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario de Coeneo Michoacán ("MEXART" por sus siglas en inglés), es un instrumento de tránsito que se dedica al estudio del centelleo interplanetario, desde el 2019 se implementó un sistema de adquisición digital, el cual entrega los datos en formato HDF5, el cual es una biblioteca para almacenar grandes conjuntos de datos numéricos que ocupa menos espacio que es sistema ascii, utilizado anteriormente. En este trabajo se muestra el como se respaldan, como se leen los datos, como se limpian y como se grafican para que puedan ser usados por los investigadores o estudiantes.

Sesión especial

DEL OCÉANO RHEICO A LA AMALGAMACIÓN DE PANGAEA: UNA PERSPECTIVA ESTRATIGRÁFICA, GEOCRONOLÓGICA E ISOTÓPICA

Organizadores

Luigi Augusto Solari
Mildred Zepeda Martínez
Michelangelo Martini
Pilar Navas-Parejo

SE05-1

BLOCK CIUDAD VICTORIA: THE PRECAMBRIAN AND PALEOZOIC ASSEMBLY OF THE BASEMENT OF THE SIERRA MADRE ORIENTAL

Ramírez Fernández Juan Alonso¹, Alemán-Gallardo Eduardo
Alejandro¹, Casas Peña Juan Moisés¹, Jenchen Uwe¹ y Weber Bodo²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
juan.ramirezfn@uanl.edu.mx

The paradigmatic knowledge about the Mexican geology has changed drastically in recent years. Thanks to the application of more modern and accessible analytical techniques, as well as numerous and more detailed investigations, lithostratigraphic units have been revised and redefined. This has led to the need to gradually reconfigure classical tectonostratigraphic terrain models. The Sierra Madre Terrane was originally defined as a composite terrane, with a basement that would represent a displaced fragment of North America similar to the Chihuahua Terrane (Campa and Coney, 1983) and covered by the thick Mesozoic sedimentary sequence of the Sierra Madre Oriental. The meaning of this terrane has been revised and gradually reduced in its original concept. Thus, there is no consensus about its distribution and components, or even its existence. Recent investigations of the Precambrian and Paleozoic basement of the Sierra Madre Oriental indicate that the model of the Sierra Madre Terrane should be reconsidered. We propose, based on the study of the eroded core of the Huizachal-Peregrina Anticlinorium, exposed in Cd. Victoria, Tamaulipas, that it is possible to reconstruct a long and continuous geological evolution evidenced by its large Precambrian (Novillo Complex) and Paleozoic units (Granjeno Complex, Peregrina Tonalite, and Tamatán Group). This includes orogenic events, the development of continental arcs and a marine basin, which find continuity in South America and therefore have of clear Gondwanan affinity. These units make up the proposed Ciudad Victoria Block, which conceptually could replace the concept of Sierra Madre Terrain, and would represent part of the pre-Mesozoic basement of Mexico, fragmented and dispersed during the opening of the Gulf of Mexico.

SE05-2

HOW BIG IS OAXAQUIA? GEOCHRONOLOGICAL CONSTRAINTS FROM THE SLP XENOLITHS, AND IMPLICATIONS FOR THE PHANEROZOIC TECTONIC RECONSTRUCTIONS OF MEXICO

Solari Luigi Augusto¹, Aranda Gómez José Jorge¹ y Maldonado Roberto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
²Instituto de Geología, UNAM
solari@unam.mx

According to its definition, Oaxaquia is a Grenvillian (~1.0-1.3 Ga) microcontinent affected by granulite metamorphism at ca. 0.98 Ga intended as the backbone on which the Phanerozoic terranes of Mexico are accreted to. Whether its continuity from northern to southern Mexico is proven or not, Oaxaquia would constitute an element of ca. 1,000,000 km², underlying almost half of Mexico. It is thus critical to evaluate the truthness of these models, to allow a correct space distribution that takes into account the supercontinent amalgamation and breakup processes. In this contribution, geochronological and petrological data belonging to granulitic xenoliths of El Toro, SLP, are evaluated. El Toro is located in the middle of the Mesa Central of Mexico, where xenoliths are brought to the surface by Quaternary alkaline basalts. Early studies of El Toro xenoliths show that the feldspathic granulite equilibrated at P = 0.9–1.4 GPa and T = 900#1100°C under anhydrous conditions (ternary feldspars calculations). A young (Oligocene-Quaternary?) pulse of ultra-high temperature

(UHT) metamorphism was then proposed for the region, without a strict age constrain and, thus, strongly criticized. Zircon crystals recovered from a set of nine xenoliths (7 Grt-Sil bearing metapelites, a Px-bearing meta-quartz diorite, and a Grt-Opx bearing orthogneiss) were selected for LA-(MC)-ICPMS U-Pb geochronology. Precambrian to Paleozoic zircon crystals are scant, whereas Mesozoic to Cenozoic ones are more abundant. Based on their chondrite-normalized REE patterns all Precambrian to Mesozoic zircons are interpreted as igneous, whereas those of late Oligocene to late Miocene age (ca. 27–6 Ma) are mostly metamorphic and grew during a protracted pulse of UHT lower-crust metamorphism. The presence of Cenozoic metasediments in the lower crust under Cerro El Toro is indicative of the action of the subducted Farallon plate, coupled with tectonic erosion of continentally-derived sediments, either from a forearc basin and/or an accretionary prism relaminated to the lower crust by sediment diapirism. Similarities among the xenolith zircon ages with those from modern sediments belonging to Central Mexico Pacific coast point towards a NW-SE 100 km-long coast stretch across Zihuatanejo as a possible sediment source. The paucity of Grenville-age detrital zircon grains in the recovered xenoliths suggests that the El Toro area is not underlain by a Proterozoic basement, which implies a substantial reduction of Oaxaquia extension beneath Central Mexico and the presence of a younger, Guerrero-type basement. While we will be discussing some examples of tectonic reconstructions in which the wrong extension of Oaxaquia is used and the implications that this has on the whole geodynamic evolution during the Phanerozoic, we call for a review of all those localities where quantitative data is not yet available or just assumed, to try to better fit the tectonic models.

SE05-3

PETROGÉNESIS Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE ROCAS PRECÁMBRICAS Y PALEOZOICAS EN LA PORCIÓN CENTRO-SURESTE DEL COMPLEJO DEL MACIZO DE CHIAPAS

Monreal Roque Eduardo, Weber Bodo, Rendón
Vázquez José Daniel y Valencia Morales Yuly Tatiana
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
monreal@cicese.edu.mx

El Complejo del Macizo de Chiapas (CMC) es un complejo metamórfico – batolítico en el sureste de México, constituido por rocas metamórficas e ígneas que registran eventos magmáticos y tectonotermales desde el Mesoproterozoico al Mioceno. Para este trabajo, se analizaron rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias en la porción centro - sureste del CMC, a través de una sección perpendicular a la Sierra de Chiapas (SC) que une las localidades de Las Palmas, en el municipio de Mapastepec, y Toluca, en el municipio de Montecristo de Guerrero. La cartografía en campo, en conjunto con el análisis petrográfico, revelan la existencia de un basamento metamórfico en facies de anfíbolitas conformado por gneises de hornblenda y biotita, y rocas máficas con variable migmatización. Estas rocas son cortadas por rocas graníticas deformadas asociadas al batolito Pérmico y por un pórfido del Neógeno. En la región norte, las rocas metamórficas son cabalgadas por una secuencia sedimentaria, cuyo análisis de procedencia de U-Pb en circones detriticos (LA-ICP-MS) la identifica como parte de la Fm. Santa Rosa del Misisípico. El análisis de U-Pb en núcleos de circones (LA-ICP-MS) de rocas metaígneas básicas indican edades de cristalización del Mesoproterozoico (Calimiano - Ectasiano). Por su parte, el análisis de bordes metamórficos de circones, en conjunto con edades de discordia, muestran eventos metamórficos de alta temperatura durante el Neoproterozoico (Toniano) y el Paleozoico (Pérmico). Además, los estudios isotópicos en roca total revelan edades modelo de Nd del manto empobrecido que van de ~2.0 hasta ~1.3 Ga. La diferencia entre estas edades modelo fueron empleadas como una importante herramienta cartográfica para diferenciar el basamento primordial (Unidad Catarina) del basamento rejuvenecido (Unidad Custepec). El análisis geoquímico de elementos traza y Tierras Raras indican un patrón E-MORB para las anfíbolitas, mientras el Índice de Saturación

de Aluminio en granitos de distintas edades, señala la existencia tanto de granitos peraluminosos como metaluminosos. Mediante el análisis estructural del basamento metamórfico se identificó una foliación general NE/SW, con un buzamiento subvertical al SE, y una tendencia de lineaciones minerales al S-SE. Estas observaciones, en conjunto con el microanálisis cinemático, sugieren un transporte del CMC hacia el sur, que coincide con el modelo de extensión propuesto para el Triásico-Jurásico para la región. La integración de las edades modelo y la geocronología, muestran que el basamento metamórfico al norte de la SC, en el área de Toluca, está representado por la Unidad Catarina. En contraste con la región sur, donde el basamento en Las Palmas exhibe edades modelo más jóvenes (congruentes con la Unidad Custepec). Nuestros resultados son consistentes con un modelo de extensión y underplating propuesto para el Pérmico Tardío, en el cual la interacción de magma básico juvenil con el basamento preexistente de la Unidad Catarina dio origen a la Unidad Custepec.

SE05-4

A JOURNEY FROM RODINIA TO PANGEA AS RECORDED BY ECLOGITES FROM THE GUATEMALA SUTURE ZONE

Maldonado Roberto¹, Solari Luigi Augusto², Schaaf Peter³ y Weber Bodo⁴¹Instituto de Geología, UNAM²Centro de Geociencias, UNAM³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

robertom@geologia.unam.mx

Eclogites from the Chuacús Complex in the Guatemala Suture Zone were formed by continental subduction associated with early interactions between the North American and proto-Caribbean plates in the Late Cretaceous. These rocks contain an extensive record of within-plate magmatic activity associated with both Rodinia and Pangea supercontinent cycles. We combine field and petrographic observations with new geochronological (zircon U-Pb), geochemical and isotopic (Nd, Hf) data to constrain the evolution of this pre-Cretaceous basement of Guatemala. Eclogite protoliths were multiple and comprise Stenian to Middle Jurassic metabasites and mixed metasedimentary rocks of Ediacaran and Middle Jurassic age. The oldest eclogite precursors consist of Stenian–Tonian (1030–963 Ma) metabasites derived from an enriched mantle source, which are part of a bimodal magmatic assemblage (Pachajob gneiss) formed by intraplate magmatism during global large igneous province activity around Rodinia. A sequence including Late Ediacaran (552–542 Ma) intraplate metabasites and mafic metasedimentary rocks (El Chol unit) reflect continental rifting compatible with the Central Iapetus Magmatic Province, and thus it is associated to Rodinia disassembly and opening of the Iapetus Ocean. Late Triassic (ca. 228 Ma) OIB-like protoliths are part of a younger bimodal suite (Agua Caliente unit) that recorded a renewed pulse of within-plate magmatism, which led to the initial fragmentation of northwestern Gondwana within Pangea. The younger mafic precursors comprise Middle Jurassic (168–162 Ma) E-MORB-like metabasites formed during a more advanced stage of continental crust fragmentation after the emplacement of the Central Atlantic Magmatic Province.

SE05-5

CRISTALIZACIÓN Y METAMORFISMO DE LOS GRANITOIDES ESPERANZA (COMPLEJO ACATLÁN) Y SU IMPLICACIÓN EN LA HISTORIA TECTÓNICA DEL SUR DE MÉXICO.

Abdullin Fanis¹, Florez-Amaya Sandra Lorena², Solari Luigi Augusto³, Maldonado Roberto⁴ y Ortega-Obregón Carlos⁵¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT²PCT, CGEO, UNAM³CGEO, UNAM⁴Instituto de Geología, UNAM

fanis@geociencias.unam.mx

El Complejo Acatlán corresponde al basamento polimetamórfico y polideformado del Terreno Mixteco, cuya procedencia ha sido asociada al supercontinente Gondwana. La unidad Granitoides Esperanza (GE) hace parte del conjunto de rocas que conforman la suite de alta presión del Complejo Acatlán y, hacia la región de comprendida entre las poblaciones de Patlanoaya, Piaxtla, Acatlán y Mariscal de Juárez, se caracteriza por la presencia de augengneises con megacrístales de feldespato potásico, deformados hasta llegar a rocas ultramiloníticas. Para dicha unidad se ha definido una edad de cristalización Ordovícica temprana, mientras que para su metamorfismo se infiere que tuvo lugar entre el Silúrico tardío y Devónico temprano. Mediante el estudio de láminas delgadas, geocronología U-Pb en circon, apatito y geoquímica mineral, en este estudio se logró establecer que la edad de cristalización ígnea de los augengneises de los GE es entre 465 ± 3.3 y 469 ± 3.5 Ma y de 461.6 ± 3.3 Ma para las rocas pegmatíticas foliadas encontradas. Las edades encontradas en los fechamientos por U-Pb en apatito entre 333 ± 9 y 366 ± 19 Ma en los augengneises permite constreñir el evento metamórfico de alta presión, en coherencia con los datos previamente reportados de Lu-Hf en granate para la suite Piaxtla. La geoquímica en el apatito y la información petrográfica recolectada permiten establecer que estas rocas sufrieron dos facies de metamorfismo, donde el pico metamórfico se relaciona a facies de eclogita, mientras el segundo evento corresponde a una fase de retrogresión en facies anfibolita-epidota. Estos eventos son posiblemente relacionados a las aperturas y cierres de cuencas intraoceánicas

que provocaron la colisión de los terrenos al sur de México entre el Ordovícico y el Carbonífero temprano.

SE05-6

CONDICIONES DE FORMACIÓN DE LA STICHTITA EN LA SERPENTINITA VICTORIA (CAÑÓN NOVILLO, NE MÉXICO)

Colás Ginés Vanessa¹, Rodríguez-Díaz Augusto Antonio², Ramírez Fernández Juan Alonso³, Alemán-Gallardo Eduardo Alejandro⁴ y Dávalos-Elizondo María Guadalupe⁴¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL⁴Facultad de Ciencias, UNAM

vcolas86@gmail.com

La stichtita es un hidroxycarbonato rico en Mg y Cr que se forma de manera excepcional durante la serpentinitización hidratada de rocas ultramáficas ricas en cromita, en un amplio rango de condiciones de presión y temperatura. Sin embargo, en los sistemas serpentiniticos antiguos tanto la composición de los fluidos como las condiciones P-T implicadas en la formación de la stichtita todavía son desconocidas, a pesar de su potencial para comprender cuestiones clave como el ciclo del carbono, el almacenamiento de CO₂, el geosequestro de gases de efecto invernadero o el origen de la vida en el Sistema Solar. En este trabajo presentamos un estudio integral de las inclusiones fluidas y de la composición, en roca total, de elementos mayores y tierras raras de la stichtita y las serpentinitas asociadas del Cañón Novillo (Ciudad Victoria, Tamaulipas), las cuales representan una porción del fondo oceánico Paleozoico que, presumiblemente, nunca alcanzó condiciones de facies de anfibolita (i.e., deserpentinización) durante su emplazamiento y exhumación. Composicionalmente, la stichtita y las serpentinitas asociadas muestran relaciones Al₂O₃/SiO₂ y MgO/SiO₂ similares a las peridotitas abisales serpentinizadas; sin embargo, la stichtita muestra un empobrecimiento en tierras raras, sobre todo en las ligeras respecto a las pesadas, relativo a las serpentinitas asociadas. Además, en la stichtita se han identificado dos tipos de inclusiones fluidas primarias y pseudosecundarias: i) ricas en CO₂ y ii) bifásicas acuosas con una proporción variable de vapor y líquido (i.e., H₂O, CO₂ y NaCl disueltos). Por lo tanto, la diferencia en la composición de las inclusiones fluidas presentes en la stichtita pudo ser consecuencia de un proceso de serpentinitización que tuvo lugar en dos etapas asociadas con la infiltración de diferentes tipos de fluidos. Los diagramas P-T-X modelizados para las serpentinitas con stichtita indican que la primera etapa de serpentinitización tuvo lugar por la hidratación (i.e., fluidos ricos en H₂O) del olivino, ortopiroxeno y cromita a antigorita, cromita rica en Fe²⁺, clorita y brucita a 127-270 °C y 1 kbar. Sin embargo, la segunda etapa de serpentinitización se produjo por la adición de fluidos ricos en C-H-O en el sistema, formándose lizardita y stichtita enriquecidas en MgO, pero empobrecidas en SiO₂, CaO y tierras raras ligeras a 160-420 °C y 1 kbar. Por consiguiente, las inclusiones fluidas y el modelado termodinámico de serpentinitas con stichtita es una herramienta prometedora para comprender mejor los procesos de serpentinitización capaces de desentrañar múltiples procesos geobiodinámicos.

SE05-7

OBSERVACIONES PRELIMINARES DE LA ESTRUCTURA Y GEOQUÍMICA DEL CUERPO SERPENTINITICO DE ALLENDE EN EL COMPLEJO ACATLÁN, SUR DE MÉXICO

Garduño Torres Israel David, Colás Ginés Vanessa y Fitz Díaz Elisa

Instituto de Geología, UNAM

israel_torres_95@yahoo.com.mx

El cuerpo serpentinitico de Allende, con una extensión aproximada de 5 km de largo, 500 m de ancho y una orientación N-S, se encuentra ubicado en la parte sureste del Complejo Acatlán y ha sido espacialmente relacionado a las unidades de alto grado metamórfico de la suite Piaxtla. Sin embargo, no existe un registro previo en la literatura sobre su extensión, petrografía, geoquímica o estructural de las rocas que constituyen este cuerpo. Un análisis estructural preliminar muestra que las serpentinitas preservan dos tipos de foliaciones: una foliación penetrativa con orientación NW-SE y una foliación espaciada NE-SW. En algunos sectores, las serpentinitas están afectadas por zonas de cizalla NNW-SSE con cinemática dextral, formando bloques sigmoidales de serpentinita masiva rodeados por una serpentinita con foliación cataclástica. Algunos bloques masivos de serpentinita muestran fracturas conjugadas con orientación 155/40° y 230/80°, las cuales se encuentran rellenas de magnetita y serpentina fibrosa. Petrográficamente, las serpentinitas masivas muestran texturas de tipo pseudomórficas en malla reemplazando al olivino, y bastita, reemplazando a piroxeno, además de texturas no pseudomórficas de tipo interpenetrativa e interconectada. A partir de la difracción de rayos X y aplicando un refinamiento Rietveld de la estructura, se observó que las serpentinitas están constituidas entre el 40 y 70% por el polimorfo de serpentina de alta temperatura (i.e., antigorita), mientras que los polimorfos de menor temperatura como lizardita y crisotilo conforman entre el 15 y 30% de las serpentinitas estudiadas. Además, con esta técnica se identificaron proporciones menores al 5% de magnetita, talco, clorita y carbonatos. Composicionalmente, las serpentinitas del cuerpo serpentinitico de Allende tienen altos contenidos en Mg y Fe y bajos en Al y Ca. En el diagrama Mg/Si vs Al/Si se observa una ligera tendencia negativa hacia la derecha, lo que indica un empobrecimiento en sílice. Además, los diagramas de tierras raras normalizados a condrita muestran que las serpentinitas tienen patrones cóncavos,

con una pendiente ligeramente positiva debido a un ligero enriquecimiento en tierras raras ligeras (La, Ce, Pr, Nd, Sm) y pesadas (Ho, Er, Yb, Lu), respecto a las intermedias (Eu, Gd, Tb, Dy). Todo ello sugiere que las serpentinitas del cuerpo de Allende se formaron por la hidratación de un protolito dunítico/harzburgítico, el cual fue serpentinizado-deformado en condiciones de temperatura menores a 500 °C posiblemente en un canal de subducción.

SE05-8

EL GRUPO PALEOZOICO TAMATÁN (NE DE MÉXICO) Y SUS IMPLICACIONES DURANTE EL CIERRE DEL OCÉANO RHEICO

Casas Peña Juan Moisés¹, Alemán-Gallardo Eduardo Alejandro², Ramírez Fernández Juan Alonso³, Velasco Tapia Fernando³, Jenchen Uwe³, Weber Bodo⁴ y Augustsson Carita⁵

¹Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM

²Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

⁵Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena

mooiiuanl@gmail.com

México cuenta con una amplia variedad de sistemas sedimentarios de edad paleozoica que se distribuyen de manera general por todo el borde norte y sureste. En particular, la sucesión paleozoica del Grupo Tamatán, comprende de cuatro formaciones clásticas – carbonatadas del Silúrico al Pérmico (i.e., Cañón de Caballeros, Vicente Guerrero, Del Monte y Guacamaya), además de un cuerpo ígneo félsico del Carbonífero (Riolita Aserradero). Estas unidades afloran en el basamento del Anticlinorio Huizachal-Peregrina de la Sierra Madre Oriental al NE de México; y sobreyace discordante al Complejo Precámbrico Novillo, el cual se representa como una extensión de Oaxaquía. El Grupo Tamatán ha sido estudiado en las últimas décadas desde un enfoque bioestratigráfico que define de manera comprensible la estratigrafía de este grupo. Sin embargo, aún se tiene cierta controversia sobre el área fuente y la posición de la cuenca. En este estudio se aporta información sobre la procedencia e implicación paleogeográfica de las formaciones sedimentarias del Grupo Tamatán por medio del análisis petrológico (petrografía, geoquímica) y geocronológico (por medio del sistema U-Pb en circones detríticos mediante LA-ICP-MS). Dentro de los resultados obtenidos se puede destacar que: las unidades se asocian a depósitos de aguas someras hasta profundas, la composición que domina en la sucesión sedimentaria van de félsico, intermedio hasta máfico, los procesos de transporte e intemperismo cambian de intenso a moderado, los circones neo-mesoproterozoicos denota una procedencia de zonas locales tipo Oaxaquía, las edades de 1.5 - 1.6 Ga pueden tener relación con unidades del Bloque Maya, la población de circones ordovícico-silúricos es plausible que deriven de intrusiones ígneas registradas por ejemplo en las Montañas Maya y/o fuentes más locales (p.ej., Tonalita Peregrina), y los circones del Carbonífero-Pérmico probablemente resulten del magmatismo asociado con el cierre diacrónico del Océano Rheico. Estos sucesos pudieron haber ocurrido a través de una cuenca o subcuencas cercana a los terrenos peri-Gondwánicos de México durante el cierre del océano Rheico previo al ensamble de Pangea.

SE05-9

EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL SILÚRICO AL JURÁSICO INFERIOR DEL COMPLEJO SIERRA DE JUÁREZ EN EL SUR DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LA CONSOLIDACIÓN Y RUPTURA DE PANGEA ECUATORIAL OCCIDENTAL.

Espejo-Bautista Guillermo¹, Solari Luigi Augusto¹, Maldonado Roberto² y Ramírez Calderón Mónica¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

gespejo@geociencias.unam.mx

El Complejo Sierra de Juárez (CSJ) en el sur de México consiste en un cinturón metamórfico que contiene un registro detallado sobre la evolución geodinámica de la Tierra desde el Precámbrico hasta el Cenozoico. Su origen está ligado a Amazonia durante la consolidación de Rodinia. Posteriormente evolucionó como un bloque cortical peri-Gondwánico y manifestó intensos eventos tectonotérmicos relacionados con el ensamble y ruptura de Pangea y la evolución del oriente de México peninsular. El CSJ es fundamental en el análisis paleogeográfico de México durante el Precámbrico y Paleozoico y es un elemento correlativo determinante, principalmente entre terrenos mexicanos y del noroeste de Sudamérica. En esta contribución se aborda la evolución tectónica del norte del CSJ desde el Silúrico hasta el Cretácico por medio de geocronología U-Pb en zircon por LA-ICP-MS. Los hallazgos realizados nos permiten proponer y discutir cinco eventos geológicos principales en el siguiente orden: (1) El desarrollo de un cinturón sedimentario del Paleozoico inferior a medio a lo largo de la margen sur del Océano Rheico, derivado de fuentes detríticas pertenecientes a Gondwana, con edades máximas de depósito de ca. 468 y 392 Ma. Estas rocas sedimentarias probablemente fueron metamorizadas durante el Pérmico tardío-Triásico Medio después de la consolidación de Pangea. (2) Actividad volcánica con una edad de 292 ± 1.8 Ma, simultánea con sedimentación (con una edad máxima de depósito de ca. 293 Ma), relacionados con un extenso cinturón magmático ocurrido durante el Misisípico Superior-Pérmico inferior en el noroeste de Gondwana como consecuencia del cierre del Océano Rheico. (3) Metamorfismo contractivo relacionado con subducción de

placa plana, fechado en 246 ± 1.9 Ma, posterior a la formación de Pangea. (4) Anatexis y deformación milonítica del Jurásico Inferior tardío (176±1 Ma) simultáneos con actividad magmática de composición intermedia datada en 175±1 Ma. Estos eventos probablemente fueron producidos por magmatismo de arco continental influenciado por tectónica transtensional a lo largo de la margen este de México peninsular durante la ruptura de Pangea.

SE05-10

ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DE CONODONTOS DEL MISISÍPICO DEL ÁREA DE RANCHO EL BÍZANI, NOROESTE DE SONORA

Silva-Magaña Mayra Elizabeth¹ y Navas-Parejo Pilar²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

²Instituto de Geología, UNAM

elizabeth-mg06@hotmail.com

En el estado de Sonora, específicamente en el Rancho El Bízani, se distinguen afloramientos misisípicos los cuales han sido datados mediante conodontos únicamente por Brunner en 1976. Sin embargo, se han realizado dataciones de los mismos, mediante diferentes tipos de fósiles como gasterópodos, corales y braquiópodos. El valor principal de la elaboración del presente trabajo de investigación se basa en la determinación taxonómica de los elementos conodontales recuperados, la realización de un estudio bioestratigráfico e interpretación de las secuencias, así como la comparación con las biozonas de conodontos preestablecidas para el Carbonífero Inferior en la zona de estudio, para finalmente actualizar la taxonomía y sistemática de los conodontos, comparando los resultados obtenidos con los presentados anteriormente. En el presente trabajo se recolectaron y procesaron un total de 12 muestras de dos secciones estratigráficas del Misisípico ubicadas en el Rancho El Bízani en el municipio de Caborca en el estado de Sonora. De dichas muestras, 11 de ellas resultaron productivas, obteniéndose un total de 55 elementos conodontales lo suficientemente bien preservados para poder ser identificados taxonómicamente, permitiendo identificar 5 géneros diferentes: Polygnathus, Pseudopolygnathus, Protognathodus, Gnathodus y Bispathodus. Estos géneros indican un ambiente de plataforma continental relativamente somera y confirman una edad del Misisípico Inferior. En México, se han realizado algunos trabajos bioestratigráficos mediante conodontos, sin embargo, debido al limitado conocimiento que se tiene sobre ellos, aún resta suficiente trabajo por realizar. Finalmente, es necesario incidir en una de las principales ventajas de los conodontos en la bioestratigrafía es que presentan un conjunto de características que les permite actuar como excelentes fósiles guía, posibilitando asignar una edad muy precisa a los estratos que los contienen y establecer correlaciones entre localidades que en el pasado se encontraban próximas entre sí, por lo que su estudio ha sido y seguirá siendo una herramienta muy valiosa y eficiente.

SE05-11

THE SIERRA LAS PINTAS ENIGMA AND THEIR ROLE IN THE CLOSURE OF THE RHEIC OCEAN

Navas-Parejo Pilar¹, Morales Arispuro Hiram² y Martini Michelangelo¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Universidad Estatal de Sonora

pilarnpg@geologia.unam.mx

Metasedimentary rock outcrops in the Sierra Las Pintas, Baja California, have been considered Paleozoic in age since the very first studies in the area during the 1960s. Despite their metamorphic grade, those works reported the presence of different fossils (corals, crinoids, or conodonts), all of them with a late Paleozoic age (Devonian-Carboniferous). In this work, we present the results obtained from field work, describing different stratigraphic units, in addition to the results of geochronologic analyses in detrital zircon grains synthesized in a paleogeographic model considering these ages and source analyses. In the southern Sierra Las Pintas, in the Cañada Jueves Santo, the succession shows a typical shallowing upwards trend. Despite the marked deformation and metamorphic grade, two lithological intervals are differentiated. Both intervals show different deformation and metamorphic grade, but they are likely in stratigraphic concordance. Dominant lithologies in the lower interval are radiolarite (thin bedded chert), cherty shale with thin sandstone intercalations, and micritic limestone with chert nodules. The upper interval contains turbiditic sandstone with microconglomerate levels and vulcanosedimentary rock intercalations. Despite there are not clear stratigraphic nor structural relationships, the outcrops in the northern part are considered the younger ones in the succession, overlying the succession in the Cañada Jueves Santo. The succession in the northern part is composed mainly by sandstone with microconglomeratic levels, and basic rocks showing vesicles and pillow lava-like structures on top. We have visited the area on several occasions trying to prove the traditional hypothesis, which correlates these outcrops with the Paleozoic in central Sonora, recently grouped in the Sonora allochthon. This hypothesis, therefore, considers these successions as the westernmost part of the Ouachita-Marathon-Sonora belt, which corresponds to the Rheic Ocean suture, from southern United States, through Chihuahua and Sonora. Our results from geochronological analyses, however, are not conclusive. This fact, combined with no biostratigraphic results from conodont studies, lays out a complicated scenario that seems to not support the traditional hypothesis.

SE05-12

GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS ESTABLES EN EL CARBONÍFERO DE SONORA: RESULTADOS PRELIMINARES

Gutiérrez Reyes Salvador y Navas-Parejo Pilar
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 salvador.gtzre@gmail.com

El noroeste de México cuenta con grandes afloramientos del Paleozoico, especialmente en el estado de Sonora, donde es posible encontrar abundantes fósiles en rocas marinas del Carbonífero (358.9-298.9 Ma). Este periodo se caracteriza globalmente por grandes cambios ambientales, incluyendo una de las glaciaciones más severas registradas en la historia de la Tierra. El movimiento de los continentes, la actividad volcánica y la proliferación de las plantas terrestres pudieron ser los causantes de los grandes cambios producidos en los ciclos biogeoquímicos del carbono. En consecuencia, el CO₂ atmosférico pudo haber oscilado, provocando grandes cambios en la temperatura global. Todas estas variaciones paleoambientales son registradas en las composiciones isotópicas de carbono y oxígeno de los fósiles y carbonatos marinos. En este estudio, se analizó el contenido de #13C y el #18O en la matriz carbonatada de muestras de roca caliza de Sierra Agua Verde, Sonora, cubriendo el límite Misisípico-Pensilvánico. Asimismo, se recuperaron elementos de conodontos en los que se espera analizar el #18O contenido en su apatito. Los resultados isotópicos obtenidos de las rocas presentaron comportamientos congruentes con las curvas isotópicas de fósiles de braquiópodos de otras regiones. Esto sugiere que los registros pudieran estar reflejando las variaciones ambientales ocurridas a escala global. Sin embargo, periodos como el Serpukoviense presentaron una tendencia contraria a la esperada. Estos comportamientos también han sido reportados en estudios isotópicos previos realizados en rocas calizas de otras partes del mundo. Esta discrepancia se atribuye a la influencia de fenómenos locales que modifican la composición isotópica del suelo y que influyen en el #13C y el #18O de la roca durante la diagénesis; especialmente, en periodos y lugares donde la productividad primaria es muy elevada. Los análisis #18O en conodontos aún están pendientes de ser realizados. Se espera que estos datos ayuden a reconstruir las variaciones en la temperatura superficial del océano y, de este modo, dilucidar las glaciaciones ocurridas en el periodo. Realizar estudios con isótopos estables es sumamente importante porque posibilita la reconstrucción de las condiciones ambientales que dominaron en el pasado. Por eso, al hacer estos estudios en los afloramientos carboníferos de rocas sonorenses, se aprovechan todos los recursos geológicos y paleontológicos que la región ofrece para contribuir al desarrollo del modelo paleogeográfico del noroeste de México y describir esta época tan destacada en la historia de la Tierra.

SE05-13

EL ÍNDICE DE ALTERACIÓN DEL COLOR (CAI) DE LOS CONODONTOS EN SONORA: PISTAS DE LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL ESTADO

Lara-Peña R. Aaron¹, Blanco-Ferrera Silvia² y Navas-Parejo Pilar¹
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad de Oviedo
 ra.lara.pena@gmail.com

Los conodontos, microfósiles marinos constituidos por bioapatito cuyo registro fósil abarca el Cámbrico tardío-Triásico Tardío, registran cambios de coloración debido a la maduración de su materia orgánica y a la recristalización de su microestructura. Estos cambios son irreversibles, progresivos y dependientes de la presión y la temperatura alcanzadas a través del tiempo. Anita Harris y colaboradores los estandarizaron en el Índice de Alteración del Color (CAI) compuesto por 8 grados que varían desde amarillo pálido (CAI1) pasando por negro (CAI5) hasta alcanzar un aspecto cristalino (CAI8). La profundidad y duración del enterramiento, además del gradiente geotérmico alcanzado en una zona influyen en el color de los conodontos, produciendo valores de CAI uniformes al igual que un metamorfismo regional. El metamorfismo de contacto e hidrotermalismo se manifiestan por valores de CAI más dispersos y/o el desarrollo de pátina y corrosión en la superficie del conodonto; cuando estos eventos son de alta temperatura se alcanzan valores superiores a CAI5.5. Algunos autores ubican el límite entre diagénesis y metamorfismo de muy bajo grado en CAI4. Cada grado de CAI se correlaciona con un rango de temperatura calculado experimentalmente (50°-600°C). En Sonora, gracias a trabajos previos, se tiene un panorama general de los valores de CAI alcanzados: en el noroeste los valores oscilan entre CAI2-2.5 en rocas devónicas mientras que en el noreste varían entre CAI3-4.5 en rocas paleozoicas de distintas edades. En Sonora central aumenta ligeramente el número de datos, los cuales se reportaron en sucesiones del Ordovícico-Pérmico. Estos valores van desde CAI1.5 hasta CAI8. En la zona del Rancho Las Norias, valores de CAI1.5-2 se asociaron a los efectos del enterramiento bajo una cobertera de 1.2-3 km; en las cercanías a cuerpos intrusivos, estos valores aumentaron hasta CAI6. En otras localidades, valores superiores a CAI5 también se asociaron a cuerpos intrusivos. Recientemente, en una zona al norte de Minas de Barita (Mazatán), se ha reconocido un valor casi homogéneo de CAI5 (ocasionalmente CAI5.5) en conodontos del Pérmico temprano. Debido a la cobertera post-Pérmica estimada para la zona (5.7-9.3 km) que únicamente permitiría alcanzar un grado de CAI4 (considerando 30°C/km y 20°C en superficie), además de la homogeneidad en los valores de CAI que minimiza los efectos de un metamorfismo de contacto e hidrotermalismo en la zona, los valores observados

se interpretan como producto de un metamorfismo regional debido al aumento del gradiente geotérmico de la corteza por el emplazamiento de grandes cuerpos ígneos del Cretácico Tardío-Paleógeno temprano. Desafortunadamente, la distribución y escasez de los valores de CAI en Sonora obliga a delimitar geográficamente las interpretaciones derivadas de ellos. No obstante, está demostrado que con los estudios de CAI es posible conocer la historia tectono-térmica de una región, aportando información interesante sobre emplazamientos ígneos, mineralizaciones, generación de hidrocarburos y distribución de la cobertera sedimentaria. Es importante continuar con este tipo de estudios en la región para llegar a conclusiones más concretas sobre la evolución geológica del noroeste de México.

SE05-14

PROCEDENCIA DE LA CUBIERTA SEDIMENTARIA CARBONÍFERO-PÉRMICA DEL COMPLEJO OAXAQUEÑO, SUR DE MÉXICO. EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN DE UNA CUENCA PERI-ARCO DESDE LA PRE-COLISIÓN ENTRE GONDWANA-LAURENCIA HASTA LA FORMACIÓN DE PANGAEA.

Guerrero Moreno Sandra Elizabeth¹, Solari Luigi Augusto¹, Ortega Flores Berlaine¹, Maldonado Roberto² y Navas-Parejo Pilar²
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
 guerrerosandra@geociencias.unam.mx

Durante el cierre del Océano Rheico, la convergencia entre Gondwana y Laurentia desarrolló arcos volcánicos y cuencas marinas de ante y tras arco en la margen norte de Gondwana, cuya estratigrafía refleja la transición desde la subducción de corteza oceánica a la colisión diacrónica entre ambos paleo-continentes para formar Pangea. En este contexto, la cobertura sedimentaria carbonífera-pérmica del Complejo Oaxaqueño registra un cambio de procedencia a través del tiempo asociado al entorno geodinámico que involucró el emplazamiento de arcos magmáticos y la colisión final durante la formación de Pangea. Para documentar este cambio, se realizaron análisis geocronológicos en circones detríticos con el método de U-Pb con ablación láser en un ICPMS y análisis petrográficos en areniscas de las formaciones Carboníferas Santiago e Ixtaltepec y en la Formación Yododeñe del Pérmico temprano. Los resultados sugieren las siguientes consideraciones sobre la procedencia y el entorno tectónico: (1) la Formación Santiago se depositó en ausencia de vulcanismo, recibiendo únicamente sedimentos de fuentes locales como el Complejo Oaxaqueño y de la Formación Tiñú, con aportes menores del Bloque Maya, (2) la Formación Ixtaltepec registra un cambio radical de procedencia con fuentes ígneas carboníferas predominantes y circones detríticos del Ediacarano-Cámbrico (500-700 Ma), probablemente derivados de un segundo ciclo sedimentario, (3) las areniscas volcánicas de la Formación Ixtaltepec representan el primer registro de vulcanismo Carbonífero en el Complejo Oaxaqueño (entre 330.5±2 Ma y 314.5±2.1 Ma), (4) las areniscas de la Formación Yododeñe muestran abundantes líticos sedimentarios y circones detríticos del Ediacarano-Cámbrico que sugieren erosión de cobertura sedimentaria del Carbonífero o más antigua, durante las etapas finales del ensamblaje de Pangea occidental. Finalmente, en todas las unidades se observan, cortando o intercalados, sills y lavas riódacíticas, de los cuales se obtuvieron edades de 272.6±2.6 Ma y 282.3±1.9 Ma. Vulcanismo misisípico y circones con edades entre 340-270 Ma se asocian al desarrollo de arcos magmáticos en la margen norte-noroeste de Gondwana durante la subducción de la corteza oceánica del Océano Rheico o del Proto-Pacífico. Los resultados de este trabajo sugieren que las rocas del Carbonífero-Pérmico se depositaron en una cuenca de periarco, adyacente a los bloques Maya y Coahuila y al noroeste de Sudamérica.

SE05-15

PETROGÉNESIS Y GEOCRONOLOGÍA DE LA SUITE INTRUSIVA ACATITA EN LA SIERRA DE LOS REMEDIOS, COAHUILA.

Brito-Mejía Lizbeth¹, Maldonado Roberto², Guerrero Moreno Sandra³, Ortega-Obregón Carlos³ y Solari Luigi Augusto³
¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
³Centro de Geociencias, UNAM
 brito_7@ciencias.unam.mx

En la Sierra de los Remedios, Coahuila, aflora una secuencia volcanosedimentaria paleozoica ligeramente metamorfoseada y deformada que puede asociarse temporalmente a la conformación del Cinturón Orogénico Ouachita-Marathon (COOM), el cual, se ha interpretado como resultado de la amalgamación del supercontinente Pangea. Estas rocas forman parte del terreno "Las Delicias" y son atravesadas por la suite intrusiva Acatita (SIA), de la cual, poco se sabe sobre su naturaleza y cuyo origen magmático se ha restringido a un ambiente de arco continental. En este trabajo se realizó un análisis de campo, petrográfico, termobarométrico, geocronológico y geoquímico de la SIA que permite esclarecer el origen y el contexto de emplazamiento del magma. La suite se extiende ~10km² con orientación NNW-SSE y está constituida principalmente por 1) Cuarzo monzodioritas de morfología masiva y esferoidal, con una textura porfídica y con una asociación mineral de plagioclasa, feldespato, cuarzo, anfíbol, biotita y minerales

opacos, 2) Enclaves máficos (clasificados principalmente como gabros, dioritas y monzodioritas) de morfología elipsoidal, con diámetros que varían de 4 a 50 cm, en una textura porfídica (y en ocasiones orbicular) y con una asociación mineral de plagioclasa, feldespato, biotita, anfíbol, clinopiroxeno, cuarzo en menor proporción y minerales opacos, y 3) Diques aplíticos y pegmatíticos. Estas rocas infrayacen discordantemente a un conglomerado cretácico de la Formación las Uvas. Los análisis de U-Pb en zircón de dos muestras representativas de la suite, sugieren edades entre ~213 y 223 Ma, las cuales, se pueden interpretar como edades de cristalización. Por otra parte, la termobarometría basada en el termómetro de Ti en zircón de Ferry & Watson (2007) y el barómetro de Al en anfíbol de Mutch et al., (2016), así como el termómetro basado en la composición de anfíboles cálcicos cristalizados a partir de magmas calcoalcalinos de Ridolfi et al. (2010) y Ridolfi Renzulli (2012), permitieron establecer un rango de temperatura de ~750° a 844°C a una presión ~2.4 kbar (~8km), lo cual, brinda información sobre las condiciones de emplazamiento de la suite. Finalmente, la composición de elementos mayores y traza de la suite, sugiere una firma propia de un ambiente de arco continental. Sin embargo, algunas características como sus contenidos altos de Ba-Sr y sus patrones de elementos de alta carga iónica (HFSE), en conjunto con sus características petrográficas, sugieren un origen del magma más complejo. En este trabajo se propone que los magmas derivaron del manto, ascendieron y se contaminaron en niveles corticales más someros con afinidad calcoalcalina, en un ambiente extensional. Este magmatismo podría relacionarse con un adelgazamiento de la corteza durante la disgregación del supercontinente Pangea.

SE05-16

SEDIMENTOLOGICAL AND PROVENANCE ANALYSES OF THE UPPER PALEOZOIC CLASTIC SUCCESSION OF PATLANOAYA GROUP, SOUTHERN MEXICO: A SEDIMENTARY APPROACH TO UNDERSTANDING MAJOR TECTONIC EVENTS DURING THE RHEIC OCEAN CLOSURE IN MEXICO

Zepeda Martínez Mildred¹, Martini Michelangelo², Solari Luigi Augusto¹, Anaya Guarneros Jonathan³ y Gutiérrez-Navarro Rodrigo¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

mildredzm@geociencias.unam.mx

One of the most important oceans during the Paleozoic Era was the Rheic Ocean; its closure produced the assembly of Pangea and the development of one of the largest Paleozoic collisional orogenic systems, which comprises the Variscan, Alleghanian, and Ouachita-Marathon-Sonora belts. According to paleogeographic reconstructions, a large part of southern Mexico was involved in the Rheic Ocean closure and the subsequent Pangea assembly. The upper Paleozoic Acatlán complex records this tectonic event in southern Mexico. The only part of this complex that did not experience metamorphism and penetrative deformation is exposed in the San Salvador Patlanoaya area. The Carboniferous–Middle Permian Patlanoaya Group is composed of siliciclastic and carbonate rocks. Several authors studied this succession before because of its paleontological content, and numerous paleoenvironmental and paleogeographic reconstructions have been proposed based only on the marine fossils. Nevertheless, these proposed scenarios underestimate the existence of major tectonic events in southern Mexico associated with the Rheic Ocean closure. Despite the Patlanoaya Group importance in reconstructing the Rheic Ocean closure in Mexico, sedimentological and provenance data from its Paleozoic clastic succession are limited. The Rheic Ocean closure involves processes of continental collision, ocean floor and continental margin rocks subduction, and exhumation. Several of these processes produced a complex exhumation history of cortical blocks, which is reflected as compositional changes in the Patlanoaya Group clastic succession. In his work, we show new preliminary sedimentological and provenance data in order to reconstruct the major tectonic events that took place in southern Mexico and evaluate their tectonic significance on the Rheic ocean closed framework.

SE05-17 CARTEL

LA FALLA STA. MARÍA - LAGUNAS EN LA SIERRA ACACUYAGUA, CHIAPAS - EVIDENCIAS QUE IMPLICAN UN EVENTO COLISIONAL DURANTE EL PÉRMICO TARDÍO.

Rendón Vázquez José Daniel, Weber Bodo, Monreal Roque Eduardo y Valencia Morales Yuly Tatiana

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

jrendon@cicese.edu.mx

En el sur de México, dentro del Complejo del Macizo de Chiapas (CMC), la información isotópica y de campo colectada en la última década ha permitido identificar dos litodemas principales: (1) El Complejo El Triunfo (CT), en la porción sureste, cuyo basamento Neoproterozoico está constituido por ortogneises de la Unidad Candelaria, anortositas y por rocas metasedimentarias de la Unidad Jocote (UJ), las cuales en conjunto, fueron intruidas y metamorfozadas por granitoides de edad Ordovícica y Pérmica; y (2) las Unidades Catarina y Custepec, en la porción noroeste, conformadas por ortogneises cuarzo-feldespáticos de edad Calimiana-Toniana y anateixitas de edad Pérmica, respectivamente. El evento

Ordovícico se encuentra limitado al CT, mientras que el evento Pérmico afectó a las rocas del CMC bajo diferentes condiciones P/T, registrando facies de esquistos verdes en el CT y aumentando hasta facies de anfíbolitas hacia la porción noreste del CMC. En la Sierra de Acacoyagua y delimitado por un lineamiento estructural, un vasto deslizamiento expone nuevos afloramientos de la Unidad Jocote. Hacia el noroeste de esta estructura, se identificaron gneises con TDM(Nd) de 1.93 Ga, correspondiente a la Unidad Catarina, mientras que, al sureste, rocas de la Unidad Jocote, Candelaria y rocas ígneas de edad Ordovícica evidencian el dominio del CT. Recientes análisis petrográficos en los nuevos afloramientos de la Unidad Jocote revelan una paragénesis mineral constituida por Ky + Rt + Grt, sugiriendo condiciones de alta P/T, mientras que análisis U-Pb mediante SIMS en Rt, asignaron una edad del Pérmico Tardío a dicho evento. Las contrastantes condiciones metamórficas alcanzadas en ambos dominios durante el Pérmico, la nula existencia de metamorfismo Ordovícico en la porción noroeste del CMC y los nuevos datos obtenidos de la Unidad Jocote, han llevado a hipotetizar: (1) Una evolución separada de los bloques durante el Ordovícico y (2) Un evento orogénico que implicó a ambos dominios durante colisión Laurasia-Gondwana relacionada al ensamblaje de Pangea durante el Pérmico Tardío.

SE05-18 CARTEL

HISTORIA TERMO-TECTÓNICA DEL COMPLEJO OAXAQUEÑO DURANTE LA APERTURA DE PANGEA

Ramírez Calderón Mónica, Abdullin Fanis, Solari Luigi Augusto y Ortega-Obregón Carlos

Centro de Geociencias, UNAM

monicald@geociencias.unam.mx

La historia termo-tectónica de los basamentos cristalinos del Sur de México ha moldeado la historia del levantamiento de la superficie continental y, por lo tanto, la historia paleo-topográfica del territorio durante eventos geodinámicos regionales, como la apertura de Pangea. Sin embargo, el registro sedimentario parcialmente erosionado y el registro estructural oscurecido por eventos más recientes (por ejemplo, la Orogenia Mexicana) son un obstáculo para descifrar la historia de apertura del más reciente supercontinente. Por ello, las técnicas alternativas como el fechamiento por trazas de fisión en apatitos representan una oportunidad para desvelar eventos de calentamiento-enfriamiento asociados a cambios en el gradiente geotérmico en niveles supracorticales. En este trabajo presentamos los primeros resultados de trazas de fisión en el Complejo Oaxaqueño. Los modelos tiempo versus temperatura sugieren al menos dos episodios de enfriamiento significativo durante el Mesozoico: el evento más antiguo ocurrió entre el Triásico Tardío y el Jurásico Medio, posiblemente asociado a las etapas iniciales del rifting de Pangea; mientras que el segundo evento ocurrió en el Cretácico Temprano, asociado a las etapas finales de la apertura del Golfo de México. Interpretamos estos episodios de enfriamiento como resultado de exhumaciones de bloques corticales a lo largo de fallas mesozoicas activas; dichas exhumaciones generaron levantamientos topográficos cuya denudación está registrada en algunas unidades sedimentarias mesozoicas del sur de México. Estos eventos de exhumación mesozoica del Complejo Oaxaqueño fueron aparentemente controlados por la actividad de las fallas de Caltepec y Oaxaca, que han permanecido activas al menos desde el Triásico Medio-Tardío.

SE05-19 CARTEL

THE MATZITZI FORMATION IN SOUTHERN MEXICO: THE RECORD OF PANGEA BREAKUP INITIATION ALONG ITS WESTERN EQUATORIAL MARGIN

Martini Michelangelo, Anaya Guarneros Jonathan, Zepeda Martínez Mildred y Solari Luigi Augusto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

mmartini@geologia.unam.mx

Although our knowledge on the processes that control the assembly and breakup of Pangea has significantly improved in the last decades, the timing of the supercontinent assembly and breakup initiation remains in some cases controversial. Available data suggest that the assembly of Pangea was completed in middle Permian time, resulting in the formation of major orogenic belts and transform faults like the N–S-trending, dextral, Caltepec fault in Mexico. Pangea breakup initiation is bracketed to early Middle Triassic time. In this work, we present new sedimentological, structural, and U-Pb geochronological data from fluvial deposits of the Matzitzzi Formation in southern Mexico. Our data document that this unit is the stratigraphic record of a Late Permian–Middle Triassic, anastomosing fluvial system that flowed in a ~ NNE-trending extensional trough developed on top of the Caltepec belt, a transpressive belt formed along the Caltepec fault. We propose and discuss a scenario in which the extensional basin of the Matzitzzi Formation was formed during Pangea breakup. According to this scenario, Pangea breakup initiation must be dated back to late Permian time, which is ~ 15 m.y. older than the Middle Triassic age documented by previous work. Permian extension has also been reported along the Appalachian belt, which formed during the previous stage of Pangea assembly. Such a distribution of Permian extension highlights the fundamental role played by pre-existent zones of weakness in the breakup of a supercontinent.

Sesión especial

CHIHUAHUA: RETOS Y LOGROS

Organizadores

Ignacio Alfonso Reyes Cortés
Miguel Franco Rubio
Angélica Oviedo García

SE06-1

DISTRIBUCIÓN DE ALTERACIONES EN LA MINA FRANCISCO SOTO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Terrones-Barraza Armando, Grijalva-Solís Francisco Carlos,
Dominguez-Almuina Anyeli Elizabeth y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a329502@uach.mx

La mina Francisco Soto se encuentra ubicada en el municipio de Aldama, Chihuahua, México, a unos 6 km por terracería al oeste desde la cabecera municipal con el mismo nombre, en la mina se extraen metales preciosos como plata y oro. Los orígenes de la propagación de las alteraciones se deben principalmente a partir de una falla con dirección N 6° W con un echado de 60° al SW, con una potencia de 1m, y se prolonga a lo largo de 150 m. Se pudieron identificar 3 tipos de alteraciones en base tanto a las propiedades físicas como ópticas; siendo las últimas las más relevantes al realizar la clasificación. Las alteraciones identificadas incluyen la filica, la propilítica y la oxidación, esta última es la que mayormente se expone en superficie. Esta última caracterizado por su tonalidades rojizas, mientras que las alteraciones filica y propilítica se encuentran principalmente al interior mina, siendo éstas de tonalidades amarillas y verdes respectivamente, de igual manera estos resultados se respaldan con secciones delgadas de cada tipo de alteración en la que se pudieron identificar reemplazamiento de sericita en feldespatos potásicos así como la formación de cristales de cuarzo y pirita característicos de la alteración filica, mientras que para la alteración propilítica se encontraron cristales de epidota y clorita, así como montmorillonita y algunos óxidos de Fe. En base a las mineralizaciones presentadas en el área, se pudo determinar que en superficie predominan las alteraciones oxidantes debido a agua principalmente meteórica, mientras que en subsuelo se pueden encontrar alteraciones que van desde filica (sericita reemplazando a feldespatos) y propilítica (moderada presencia de clorita y epidota), debido a que podemos encontrar gran abundancia de sericita y clorita en las mismas muestras se puede interpretar que el tipo de alteración se encuentra entre las alteraciones filica-propilítica, las temperaturas presentadas durante la alteración oscilan alrededor de los 250°C.

SE06-2

ASOCIACIÓN FAUNÍSTICA DE FÓSILES DE LA FORMACIÓN SAN CARLOS, POTRERO DEL LLANO, ALDAMA, CHIHUAHUA

Luna-Calderón Luis David, Oviedo-García Angélica, González-Barba Gerardo, Franco-Rubio Miguel y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a316023@uach.mx

La Formación San Carlos aflora en la parte noreste del Estado de Chihuahua, en la Cuenca de Chihuahua. La zona de estudio se localiza en el Eco-museo Rancho Don Chuy, en el municipio de Aldama. La Formación San Carlos es concordante en su base con la Formación Ojinaga que corresponde a un sub ambiente pro-deltaico constituido por areniscas de grano fino con intercalaciones de lutita típicos de este sub ambiente, mientras que su contacto superior es concordante con la Formación Picacho compuesto por conglomerados polimícticos con intercalaciones de arenisca fina y con algunos estratos delgados de margas. Esta secuencia estratigráfica es característica de un ambiente deltaico progradante, donde se encuentran en la base (pro-delta) las rocas de grano fino que fueron depositadas por decantación, en la parte media (frente deltaico) las rocas de grano más grueso formadas por areniscas y conglomerados, terminando en la cima (llanura deltaica) con rocas carbonatadas-arcillosas como las margas, de ambiente de baja energía. Las rocas que se encuentran dentro de dicha formación son principalmente sedimentarias detríticas (areniscas, lodolitas, conglomerados) seguidas de rocas carbonatadas (margas, calizas), las cuales fueron depositadas en un ambiente transicional deltaico, (frente deltaico y pro-delta) con una edad aproximada de 70 a 78 millones de años. El área de estudio cuenta con una amplia diversidad de fauna y flora fósil de la cual se han podido identificar particularmente dientes de condricios de la especie *Squalicorax falcatus*, *Squalicorax prisodontus*, *Scapanorhynchus texanus* (todos tiburones) así como dientes de raya, (en proceso de clasificación) y otros peces y reptiles aún no identificados; fósiles de la Clase *Gastrópoda* como *Anchura*

sp., *Gyrodus* (*Sohlella*) cf *canadensis*, *Mathilda* (*Mathilda*) *ripleyana*, de la Clase *Cephalopoda* el nautiloideo *Eutrephoceras dekayi*, de la Clase *Bivalvia* tenemos el *Cataceramus subcompressus* y *Exogyra ponderosa*, por último de la Clase *Sauropsida* se han encontrado fragmentos de costillas, vértebras y otros restos de dinosaurios herbívoros y carnívoros. En el caso de los condricios (tiburones y rayas) los dientes se encuentran adheridos a la roca que los contiene por lo que se utilizaron métodos de laboratorio y químicos como ácido acético al 10 % para disolver la roca y poder recuperar los dientes macroscópicos y microscópicos. Entre los icnofósiles se encuentran en proceso de descripción varios tipos de galerías como *Planolites*? y *Thalassinoides*? Referente a la flora se encontraron fragmentos y troncos de madera fósil que están por determinarse utilizando para ello láminas delgadas para el análisis de las células vegetales.

SE06-3

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES MINERALES DE URANIO EN SIERRA PEÑA BLANCA, CHIHUAHUA

Faudoa Gómez Fabián Guadalupe¹, Rodríguez Yair¹, Hernández Cristina¹, Pérez Victoria¹, Isaak Andrés¹, Montero María¹, Fuentes Luis¹, Esparza Hilda¹, Cabral Lares Rocio Magaly² y Reyes Cortés Ignacio Alfonso³
¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV
²Instituto Tecnológico de Chihuahua II
³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua
a271637fabianfaudoa@gmail.com

El uranio se usa como combustible para plantas nucleares que generan energía eléctrica. En México los depósitos de uranio se encuentran principalmente en dos tipos: A) En rocas ígneas, principalmente en rocas félsicas extrusivas (riolitas y rodacitas) o intrusivos en contacto con rocas sedimentarias. B) En rocas sedimentarias como areniscas (del Terciario medio o superior) y en calizas (Mesozoico). La Sierra Peña Blanca, ubicada a 60 km al noreste de la Ciudad de Chihuahua, alberga uno de los depósitos de uranio más grandes del país, formado por rocas volcánicas de composición félsica. Con el fin de contribuir al entendimiento del transporte de uranio por agua superficial en las condiciones de los desiertos, se realizó una caracterización de minerales de uranio del depósito mencionado por medio de microscopía estereográfica (identificación de minerales de uranio y toma de fotos), difracción de rayos X convencional y con luz sincrotrón (determinación de las fases presentes) y microscopía electrónica de barrido (análisis elemental). El trabajo contribuye a la identificación certera de uranofano-alfa, uranofano-beta, metatyuyamunita, margaritasita y soddyita en muestras representativas del depósito estudiado. La presente investigación forma parte del proyecto ciencia de frontera "Investigación con luz sincrotrón de las fuentes de radiactividad ambiental en el desierto de Chihuahua: distrito uranífero Peña Blanca".

SE06-4

TRANSPORTE DE ISÓTOPOS RADIATIVOS A TRAVÉS DEL ARROYO EL TIGRE EN EL COMPLEJO PEÑA BLANCA, CHIHUAHUA

Rodríguez Guerra Yair¹, Faudoa Gómez Fabián Guadalupe¹, Esparza Ponce Hilda¹, Hernández Herrera Cristina¹, Pérez Reyes Victoria¹, Reyes Cortés Ignacio Alfonso², Fuentes Cobas Luis Edmundo¹, González Jáquez Andrés Isaak¹, Cabral Lares Rocio Magaly² y Montero Cabrera María Elena¹
¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV
²Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
³Instituto Tecnológico de Chihuahua II
yair.rodriguez@cimav.edu.mx

Desde el descubrimiento de la radiación se ha avanzado ampliamente en el entendimiento de su efecto sobre el tejido vivo; actualmente se reconoce la radiación como un fenómeno natural presente en el medio ambiente tanto en suelos como en el agua y en el aire. El estado de Chihuahua cuenta en la Sierra Peña Blanca con una de las reservas estratégicas de uranio más importantes de México a cargo del Servicio Geológico Mexicano. Hace más de cuatro décadas se realizaron obras para la explotación de dichos recursos por parte de la empresa URAMEX. Sin embargo, éstas quedaron inconclusas, dejando toneladas de material radiactivo minado dispuesto en superficie y varios tajos abiertos. Este material ha estado

expuesto por décadas al intemperismo, principalmente el agua de las escasas, pero torrenciales lluvias propias del clima desértico, generando como consecuencia lixiviados y material particulado con isótopos radiactivos. En la parte sur del complejo uranífero de Peña Blanca fluye intermitentemente el arroyo El Tigre hacia la Laguna del Cuervo. Cercanas al arroyo se localizan importantes minas como Nopal I, Margaritas y Domitila, las cuales pueden estar contribuyendo al aporte de material radiactivo que se transporta hacia las zonas bajas. Para estudiar la posible movilidad del uranio desde la Sierra de Peña Blanca hacia la Laguna del Cuervo a través del arroyo El Tigre se recolectaron 9 muestras de sedimentos. Se realizó la clasificación granulométrica y caracterización por microscopía electrónica de barrido acoplado a un sistema de energía dispersiva, difracción de rayos X y espectrometría gamma con detector de germanio. La clasificación granulométrica muestra que la fracción de arena fina aumenta conforme más cercano se encuentre el punto muestreado de la Laguna del Cuervo, mientras que la fracción más fina (limos y arcillas) se encuentra en porcentajes más o menos constantes en la mayoría de las muestras dentro del arroyo El Tigre. Sólo en el punto cercano al depósito Nopal-1 se encontró la presencia de uranio en sedimentos.

SE06-5

SIMULACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE URANIO EN SEDIMENTOS POR TRANSPORTE DE AGUAS SUPERFICIALES DEL ÁREA PEÑA BLANCA-LAGUNA DEL CUERVO, CHIHUAHUA.

Pérez Reyes Victoria¹, Hernández Herrera Cristina¹, Faudoa Gómez Fabián Guadalupe¹, Rodríguez Guerra Yair², Cabral Lares Rocío Magaly², Reyes Cortés Ignacio Alfonso³, González Jáquez Andrés Isaak¹, Esparza Ponce Hilda¹ y Montero Cabrera María Elena¹

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV

²Instituto Tecnológico de Chihuahua II

³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua
victoria.perez@cimav.edu.mx

El estado de Chihuahua cuenta con depósitos uraníferos naturales dentro de los cuales se encuentra el de Peña Blanca como uno de los más importantes del norte del país, el cual fue explorado en la década de los 80's por Uranio de México. Al cierre de las actividades de URAMEX, el mineral extraído y sin procesar fue confinado en forma de pilas rocosas expuestas a la intemperie. El uranio sujeto a lixiviación, puede ser transportado desde las montañas a los valles que forman la cuenca endorreica conocida como la Laguna de Cuervo. Para conocer el alcance del transporte de uranio, se realizó el análisis a muestras de sedimentos del área Peña Blanca-Laguna de Cuervo con el fin de identificar las fases cristalinas y las especies de uranio adsorbidas mediante técnicas espectroscópicas y microscópicas. Utilizando la técnica de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido se identificaron las fases minerales de cuarzo, sanidina, ortoclasa, anortita y arcillas en sedimentos. Como minerales uraníferos se encontraron #-uranofano, #-uranofano, weekcita y metatuyuyamunita. Mediante espectrometría alfa de centelleo líquido se analizó el contenido de uranio en los sedimentos. Se diseñaron experimentos de adsorción con columnas de acrílico, simulando la secuencia de las diferentes granulometrías y se les colocó un horizonte de minerales uraníferos obtenidos del área de estudio. Las columnas con el horizonte mineral se alimentaron con agua destilada. Otras columnas sin mineral de uranio se alimentaron con una solución de nitrato de uranio. La solución transportada a través de cada columna se drenó en intervalos temporales crecientes hasta extenderlos a 21 días para el análisis de las alícuotas de agua y de sedimento obtenidas. La duración total del experimento será de 182 días. Los experimentos están en proceso actualmente y los resultados se expondrán en el congreso.

SE06-6

MOVILIDAD DE ISÓTOPOS RADIOACTIVOS EN CHIHUAHUA

Reyes-Cortés Ignacio Alfonso, Arévalo-Ruiz Juan
Fernando, Franco-Rubio Miguel y Oviedo-García Angélica
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
ireyes@uach.mx

Desde la década de los sesenta la exploración por uranio en el estado de Chihuahua ha sido de forma intermitente. Al principio tratando de determinar el potencial de mineral existente en el estado, iniciando con los modelos existentes relacionados con procesos hidrotermales y tratando de identificar "roll fronts" en el Valle de Aldama y de forma accidental se encontraron por primera vez a nivel mundial con los depósitos de uranio en rocas ígneas. Se inició la cuantificación del potencial en esas rocas ígneas alcanzando una novedad tal, que se tuvo la visita de técnicos de los cinco continentes, particularmente de Francia, Estados Unidos, China, Sudamérica y sobre todo la Agencia Internacional de Energía Atómica, AIEA. A finales de los setenta los cambios en la política generaron diferencias y se decidió impulsar al petróleo con el descubrimiento de los campos de Tabasco, como el descubrimiento del campo "Cactus". Se puso freno al desarrollo de la exploración de uranio. Pero, algunos investigadores siguieron desarrollaron proyectos, inclusive el mismo Consejo de Recursos Minerales mantuvo vigente el desarrollo de la exploración en el Distrito Uranífero de Peña Blanca. En el segundo decenio de este siglo XXI el Servicio Geológico Mexicano retoma la reevaluación de los depósitos dentro del Distrito Uranífero, y junto con ellos algunos investigadores revivieron los proyectos que fueron pausados a principios de los ochenta. En los últimos tres años el avance

que se esperaba fuera fuertemente impulsado se mantuvo con bajo perfil y solo se lograron resultados parciales, pero hasta ahora no se ha perdido el interés en el comportamiento y su movilidad. La movilidad de los isótopos radioactivos en las zonas áridas iniciando desde la forma en que el uranio se encuentra en la roca y las formas en que se mueve a través del intemperismo y la lixiviación de la roca liberando al uranio contenido en ella. La forma en que se transporta el uranio en estado disuelto como el ion uranilo o ion absorbido en las partículas de arcilla en suspensión. O bien precipitado en los granos de arena, como carga de fondo y encontrar así las trampas potenciales a través de su trayecto, desde el punto de origen hasta su precipitación final. Las condiciones en que se captura o se acumula el uranio en los depósitos actuales del Distrito Uranífero de Peña Blanca. En esta plática se muestra el modelo geológico conceptual de la movilidad del uranio desde su origen, las formas en que se mueve en superficie y subsuperficie hasta justificar la formación de los depósitos identificados en el Distrito Uranífero de Peña Blanca.

SE06-7

GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE LA SIERRA DE EL PLACER DE GUADALUPE, MUNICIPIO DE ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Arenívar-Sepúlveda Erick Andrés, Franco-Rubio Miguel, Oviedo Angélica, Burillo-Montufar Juan Carlos, Llamas-Jiménez Leonardo A. y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a310942@uach.mx

El área de estudio de la Sierra de El Placer de Guadalupe se ubica en el municipio de Aldama a 88 km al N48°E de la ciudad de Chihuahua. La construcción del mapa geológico y de la sección estructural de esta sierra, así como la determinación de estructuras geológicas primarias y secundarias constituyen los objetivos principales del estudio. En el mapa geológico se detalla la estructura prevaleciente a través de secciones geológicas estructurales y de la columna estratigráfica. En base a la información obtenida en esta investigación, se infiere la existencia de una cuenca sedimentaria paleozoica al norte de la Sierra del Placer de Guadalupe, como prolongación occidental relicta del Océano Iapetus? La metodología de trabajo concierne a la verificación en campo de los resultados fotogeológicos plasmados en la imagen satelital de la región enmarcada, así como la descripción petrográfica de láminas delgadas de muestras pertenecientes a la columna estratigráfica paleozoica. Paleogeográficamente, se establece la colisión en el Pérmico tardío de los paleocontinentes Gondwana y Laurentia, que en Chihuahua conforman la zona interior de la sutura Ouachita, obduciendo de la Cuenca Oceánica Rheic las turbiditas de la Formación Plomosas. Esta mélangé constituye el basamento bajo el que se encuentran yacimientos minerales como Santa Eulalia, Naica, San Carlos, Cusihuiriac, Ocampo, Pilar de Moris y Urique, entre otros. Bajo un régimen de distensión tipo Golfo de California, se abrieron las cuencas sedimentarias en Chihuahua a partir del Jurásico tardío. Posteriormente, la comprensión Hidalguense provocó el cierre de las cuencas sedimentarias en las que el basamento de corteza oceánica acrecionada durante la apertura de las cuencas marinas, subdujo bajo las zonas de antepaís aleñañas. Ello generó arcos magmato-volcánicos al interior de los elementos de antepaís en Chihuahua, emplazando a los yacimientos minerales de reemplazamiento y relleno de fisuras antes mencionados.

SE06-8

FRENTE DE EMPUJE VERTICAL "PLACER DE GUADALUPE-CERRO CARRIZALILLO" EN EL ORIENTE DE CHIHUAHUA, MÉXICO.

Franco-Rubio Miguel, Oviedo Angélica, Burillo-Montufar Juan Carlos, Llamas-Jiménez Leonardo A., Arenívar-Sepúlveda Erick Andrés y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
mfranco@uach.mx

Afloramientos de rocas del basamento continental laurénico en la Placa Norteamericana se observan ubicados septentrionalmente al Lineamiento Alamitos sobre la margen meridional de la Cuenca de Chihuahua. Tal es el caso del Frente Placer de Guadalupe-Cerro Carrizalillo (FPGCC) orientado NW 40° SE y elevado por empuje vertical de cuerpos magmáticos de edad oligocénica. Los intrusivos configuran domos estructurales superpuestos a la deformación de la secuencia paleozoica tras la colisión Laurentia-Gondwana (Orogenia Ouachita) que exhibe pliegues recostados con vergencia al sur. La columna litoestratigráfica expuesta se compone de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas con edades que van del Precámbrico al Holoceno. La tectónica de levantamiento adscrita al FPGCC está relacionada con la evolución de elementos de antepaís y de traspaís ligados al desarrollo de la Faja de Pliegues y Cabalgamientos de Sierra Madre Oriental (FPCSMO). Entre los elementos tectónicos, el de Antepaís Central con basamento de corteza continental laurénica para la Cuenca de Chihuahua, contiene cuerpos ígneos intrusivos surgidos de la fusión por subducción de corteza oceánica, cuyo basamento basáltico caracteriza a los elementos de traspaís tanto occidental como oriental en el Estado de Chihuahua. Estos elementos tectónicos quedaron estructurados por la clausura de las cuencas sedimentarias de Chihuahua, Alamitos, Mar Mexicano y Sabinas vinculadas a la FPCSMO y cuyo empuje tangencial de cierre provino de la subducción de la Placa Farallón bajo la margen suroccidental de la Placa Norteamericana (Orogenia Hidalguense). En la región del FPGCC bajo estudio, la Formación Plomosas compuesta por turbiditas con edades que van del Pérmico tardío al Jurásico medio, se presenta formada in

situ (autóctona), así como también transportada tectónicamente (alóctona). Mina Plomosas, con minerales de plomo-zinc alojados en las formaciones Monillas, Pastor y Plomosas del Pensilvánico, Pérmico Inferior y Pérmico Superior, respectivamente, está conectada con la masa ígnea intrusiva del Oligoceno que conforman el domo estructural que eleva Sierra Plomosas. El supuesto tradicionalmente postulado para el emplazamiento del cuerpo ígneo mineralizante lo relaciona a la subducción de la Placa Oceánica Farallón, sugiriendo alcanza a fundir bajo la corteza continental de Mina Plomosas, la cual está separada 800 km de la margen continental de la Placa Norteamericana, cuando el promedio global de una fosa al arco volcánico es de 448 km. El modelo de distensión continental (tipo Golfo de California) para la apertura de las cuencas sedimentarias en Chihuahua y cierre posterior por empuje tangencial, simplifica el emplazamiento de cámaras magmáticas mineralizantes en la región del FPGCC.

SE06-9 CARTEL

IMPACTO DE SISMOS RELACIONADOS AL RIFT RÍO GRANDE, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Lozano-Rodríguez Jennifer, Bustillos-Chávez Annet Michel, Cano-González Laura Sofía, Gallegos-Guillen Isaac David y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 a338807@uach.mx

El impacto que tienen los sismos en las estructuras trae consecuencias como el sacudimiento del suelo, incendios, olas marinas sísmicas y derrumbes, esto dependiendo del terreno en el cual se desarrolle tal fenómeno. Se podrían pensar erróneamente que Chihuahua es un lugar asísmico, pero no hay lugar en la Tierra que esté estático; en el caso particular del estado de Chihuahua actualmente se han desarrollado una serie de sismos, esto debido a una de las fallas de distensión más grandes que afectan al estado es el Rift Río Grande. El Río Grande Rift (RGR) es una estructura tectónica continental formada bajo un régimen tectónico extensional, en un contexto de tectónica de placas, esta es una de las fallas más grandes que afectan al estado. En esta investigación se pretende plantear una hipótesis de cómo será el impacto a futuro para el estado de Chihuahua, al igual que recabar la información disponible que nos ayude a comprender este tipo de fenómenos, el sismo registrado el 15 de julio del 2022 en la zona serrana del estado tuvo una magnitud de 4.6 en la escala de Richter. Según el Ingeniero de la Garza todas las fallas que existen en el estado están activas, mientras que en el caso del Rift Río Grande causa que se socave la corteza dejando como consecuencia que cada año se abre cuatro centímetros, y al continuar estos movimientos se romperá la corteza terrestre, lo cual causa una gran inquietud en los estudiantes de ciencias de la Tierra y es en lo que se basa la investigación. Todas las fallas que existen en el estado están activas, en el caso del Rift Río Grande se asume que se va socavando la corteza, cada año se abre cuatro centímetros, y de continuar estos movimientos se romperá la corteza terrestre, se calcula que será en algunos millones de años.

SE06-10 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA SIERRA DE CAMARGO Y SU POSIBLE POTENCIAL ECONÓMICO

Porras-García Daniel y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 a329766@uach.mx

En la región centro sur del Estado de Chihuahua, se encuentra localizada una de las minas más importantes de México, la mina de Naica. Esta mina explotaba uno de los depósitos más grandes de Pb y Zn. La caracterización de la Sierra de Camargo ayudara a identificar las formaciones geológicas, así como también a las demás rocas que puedan estar aflorando a superficie. Mediante la caracterización se identificaron rocas sedimentarias cretácicas constituidas principalmente por calizas, del grupo Washita; las cuales se caracterizan por alojar sulfuros metálicos de importancia económica. Se reconocieron cuatro unidades litológicas cuyos microfósiles las sitúan desde el Albiano medio hasta el Cenomaniano. Las rocas que integran este conjunto fueron depositadas en un ambiente de plataforma dentro de un mar epicontinental, pudiendo diferenciarse tres tipos de facies, que son: arrecifal de plataforma somera y de plataforma profunda. Se observó que los yacimientos minerales explotados anteriormente (Naica y Savonarola), se localizan dentro de la facies arrecifal asociada a estructuras tanto distendidas como compresivas. La ubicación de la Sierra de Camargo es de gran interés debido a que se encuentra en una zona metalogénica de reemplazamiento de carbonatos por minerales polimetálicos de gran interés económico, como lo son la plata, plomo y zinc. De igual manera se analizaron muestras de rocas, arcillas y pedernales que presentan una recristalización secundaria, para determinar las partes por millón de diferentes elementos que pudieran ser de importancia para este estudio.

SE06-11 CARTEL

GEOMORFOLOGÍA DEL ABANICO ALUVIAL DEL ARROYO PEÑA BLANCA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Montoya-López Emilio y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 a329683@uach.mx

La sierra Peña Blanca se encuentra en la provincia de "Sierras y llanuras del norte", presentando sierras bajas y abruptas que quedan separadas entre sí por grandes llanuras; este cambio en la pendiente en conjunto con las condiciones climatológicas áridas y semiáridas, provocan condiciones favorables para la formación de abanicos aluviales, una forma de relieve deposicional que forma conos detríticos, originados en la base de un frente montañoso, asociados a las descargas de sedimentos de un curso fluvial que drena desde un área topográficamente elevada a un área más baja y plana adyacente, la sedimentación que es promovida principalmente por los fuertes cambios (disminución) de pendiente experimentados por el cauce a lo largo de su recorrido. La Sierra Peña se encuentra en la región central del Estado de Chihuahua se constituye en su mayor parte por rocas de naturaleza sedimentaria y en su menor proporción por rocas volcánicas. Las características presentadas por esta sierra permiten la formación de abanicos aluviales, el abanico del arroyo Peña Blanca se encuentra en la parte este de la sierra a una altura cercana a la laguna del cuervo, específicamente en las coordenadas 29°12'58.63" Norte y 105°59'39.35" Oeste, contando con área superficial de alrededor de 28.5 Km² y una pendiente media de 0.79°. La cuenca hidrográfica que del Arroyo Peña Blanca se clasifica como pequeña o subcuenca con 75.79 Km², esta presenta una gran cantidad de canales tributarios al cauce principal, este presenta una longitud de 17.85 Km, esto puede explicar la relación entre áreas del 37.61% de la cuenca y el abanico, siendo esta relación alta indica un gran acarreo de sedimentos de la cuenca al abanico. La cuenca se encuentra en un estado de equilibrio, lo cual indica que se encuentra en una etapa de madurez en la cual ninguno de los dos procesos erosivos y de sedimentación es predominante respecto al otro, sino que se encuentran compensándose entre sí, con una actividad erosiva media. El abanico del arroyo Peña Blanca desde una vista aérea o de planta presenta una morfología semicircular y en las partes distales mientras que más cercano al ápice el abanico se abre de forma constante y un poco redondeada, esta forma se relaciona con sus medidas siendo el ancho de este abanico un poco más extenso que su largo, teniendo una longitud medida desde el ápice de 5.65 Km y un ancho de 7.97 Km.

SE06-12 CARTEL

DEPÓSITOS VULCANOGÉNICOS DE SULFUROS MASIVOS

Bejarano-Lucero Stephany y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 a338976@uach.mx

Los yacimientos de sulfuros vulcanogénicos (VMS) son depósitos sedimentarios formados a partir de la precipitación de los metales contenidos en soluciones hidrotermales en el fondo del mar. Los depósitos VMS o depósitos de sulfuros masivos vulcanogénicos son cuerpos estratiformes o lenticulares de sulfuros presentes en unidades volcánicas originalmente en fondos oceánicos. A menudo, los depósitos consisten en un 90% en piritita masiva, pero contienen cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Ba, Au y Ag. Los ambientes de formación se derivan a los márgenes convergentes y divergentes ya que estos márgenes tectónicos se presenta la aparición de los yacimientos VMS. Los yacimientos de tipo VMS se originan por procesos hidrotermales submarinos (procesos exhalativos), en ambientes con volcanismo activo. Usualmente se presentan en grupos y en áreas específicas o distritos y están restringidos a un nivel o a un cierto número limitado de niveles estratigráficos. Estos horizontes pueden representar cambios en la composición de las rocas volcánicas, un cambio desde volcanismo a sedimentación o simplemente a pausas en actividad volcánica submarina. Los minerales de sulfuros mas comunes son: piritita, pirrotita, Calcopiritita, Esfalerita, Galena, Entre otros. Otros Metales Asociados son Cobre, cadmio, antimonio, Cobalto, Oro, Plata, Bismuto, Mercurio, Hierro, Zinc, Plomo, Estaño. Los depósitos de este tipo de yacimientos en México son: Zacualpan-Tonatico (denuncio la Victoria) edo. de México: petrología y micro-termometría de Chimeneas Colapsadas. En México los sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) son principalmente Mesozoicos (Jurásico inferior a Cretácico Inferior). Ocurren a lo largo del margen circumpacífico en lo que se conoce como terreno Guerrero, del subterráneo Teloloapan. Las chimeneas colapsadas presentan una mineralogía caracterizada por piritita, con trazas de manganeso. Ganga: Cuarzo, Calcita y Barita. Sulfatos: Barita Anhidrita, Fibroferrita, Copiapiritita, Anglesita Melanterita, Plumbo-jarosita, Milosevichita y Loudebaquita. Depósito de Manto Rico, ubicado en la localidad de Tlanilpa. Yacimiento del tipo singenético. Mena: Galena, Esfalerita, Piritita, Calcopiritita. Secundarios: Covellita, Bornita, Malaquita. Ganga: Cuarzo, Calcita, Barita. En conclusión: Los yacimientos VMS se forman por exhalaciones de fluidos ricos en metales, que precipitan al reaccionar con el agua marina, son fácil de explotación por la poca ganga contenida; permitiendo la recuperación de varios metales económicos

SE06-13 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA EN MINA SAN FRANCISCO, ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Grijalva-Solís Francisco Carlos, Domínguez-Almuina Anyeli Elizabeth, Terrones-Barraza Armando y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso

Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a320881@uach.mx

La mina San Francisco se encuentra a 6 km del centro de la ciudad de Aldama, Chihuahua en dirección NW y a 27 km del centro de la ciudad de Chihuahua en dirección NE con coordenadas UTM 405955 E y 3193396 N. El acceso al área de estudio se realiza en vehículo saliendo de la ciudad de Chihuahua con rumbo a Ojinaga por la carretera federal No. 11, recorriéndose 30 km. De carretera pavimentada hasta Aldama, Chihuahua, de aquí se continúa al NW por camino de terracería en buenas condiciones con un total de 18 km hasta el área de estudio. Se hicieron 4 láminas delgadas de los minerales que se consideraron representativos de la zona (Cuarzo, Calcita, Dolomita, Barita) para la identificación de los sulfuros del área (Pirita, Esfalerita), fue suficiente con el análisis en muestra de mano. Se utilizaron las instalaciones del laboratorio de geología de la Facultad de Ingeniería, UACH. Finalizadas las láminas delgadas y limpiadas las muestras de mano, se hizo la interpretación mediante microscopio y los análisis macroscópicos (Color, Raya, Dureza, Reacción al HCl, etc.) respectivamente. Con la información adquirida a través de los distintos análisis y a las asociaciones minerales encontradas, podemos sugerir que se trata de un yacimiento hidrotermal de Pb y Zn, más específicamente de un yacimiento tipo epitermal de baja sulfuración. Los yacimientos de Pb-Zn suelen tener un origen hidrotermal, en forma de filones, rellenando cavidades y fracturas, o sustituyendo masas rocosas carbonatadas por metasomatismo. Normalmente se encuentran asociados a intrusiones plutónicas. Es frecuente encontrar el plomo asociado a la plata en forma de galena argentífera. Los minerales de mena primarios suelen ser sulfuros de Pb (galena) y de Zn (blendita), aunque también se encuentran numerosos minerales secundarios, originados por procesos supergénicos, en forma de carbonatos, sulfatos, óxidos y silicatos. En cuanto a la paragénesis, corresponde a una de bajas temperaturas (filones epitermales): formados entre 200 y 50 °C, a poca profundidad. Se realizaron análisis macroscópicos y microscópicos donde se determinó la presencia de sulfatos, carbonatos y sulfuros originados durante un evento hidrotermal de baja sulfuración asociado a un intrusivo a mayor profundidad, los minerales encontrados corresponden en toda regla a el tipo de yacimiento antes mencionado en nuestra discusión y aunque este pequeño estudio e investigación, aporta información valiosa en cuanto al depósito y origen del yacimiento, son necesarios más estudios como la microtermometría para identificar los minerales del área para poder realizar así, una teoría paragenética completa y correcta.

SE06-14 CARTEL

MAPA POTENCIAL DEL TRANSPORTE Y ESPECIACIÓN DE ISÓTOPOS DE LA SERIE DE URANIO EN PEÑA BLANCA Y LAGUNA DEL CUERVO

Hernández Herrera Cristina¹, Reyes Cortés Ignacio Alfonso², Rodríguez Guerra Yair³, Faudoa Gómez Fabián Guadalupe¹, Pérez Reyes Victoria¹, González Jáquez Andrés Isaak¹, Cabral Lares Rocio Magaly² y Montero Cabrera María Elena³

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV
²Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
³Instituto Tecnológico de Chihuahua II
cristina.hernandez@cimav.edu.mx

El uranio es un elemento radiactivo que se encuentra de manera natural en el ambiente. La exposición a éste suele darse mediante fuentes naturales, además de antropogénicas. El estado de Chihuahua cuenta con varios yacimientos de uranio, siendo el más importante el depósito de Peña Blanca. El distrito minero se encuentra localizado al Este de la parte central de Sierra Peña Blanca, emplazado en rocas volcánicas de composición félsica. La empresa Uranio Mexicano (URAMEX) fue creada para la exploración, explotación y beneficio de minerales radioactivos, con el propósito de su comercialización. Tras el cierre de las actividades de ésta, los minerales de uranio presentes en la zona quedaron expuestos a la intemperización. Por tratarse de una cuenca endorreica, la hidrología de la zona favorece el transporte de dichos minerales a través de los arroyos principales presentes en el área, desembocando en la Laguna del Cuervo. Debido a las consecuencias para la salud que puede generar la radiactividad ambiental en el desierto de Chihuahua, las fuentes y su evolución deben ser caracterizadas desde diferentes enfoques (químico, geológico, ambiental). En el caso de la georreferenciación, se consideran métodos de posicionamiento global y correlaciones espaciales. Los sistemas de información geográfica (SIG) son un marco de trabajo que analiza la información espacial y organiza capas de información para su visualización; éstas pueden ser escenas 3D y mapas. Es posible modelar el posible arrastre de uranio por agua de escorrentía en forma de partículas o disuelto en el área de Peña Blanca hacia la Laguna del Cuervo. Mediante mapeo se puede representar el transporte y especiación de isótopos de la serie de uranio en la zona de Peña Blanca - Laguna del Cuervo. Para ello se realizan muestreos en el cauce del arroyo Peña Blanca, ya que es uno de los principales afluentes de la zona. Se recolectaron 27 muestras de sedimento, las cuales fueron llevadas al laboratorio y clasificadas granulométricamente en grava, arena gruesa, arena fina, limo y limo+arcilla. Para la identificación de fases presentes en las muestras de la zona, la fracción más fina se analizó mediante difracción de rayos X (DRX). Las fases encontradas fueron: cuarzo,

calcita, montmorillonita, sanidino, ortoclasa, albita y magnetita. Se analizaron dos muestras mediante electrones retrodispersados (BSE) y espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDS). Se obtuvo la composición elemental de ambas muestras. Éstas presentan O, Si, Al, Ca, Fe y K, en correspondencia con los resultados de DRX. Con la información obtenida y recopilada se puede construir el mapa de la presencia de diferentes minerales de uranio en el trayecto Peña Blanca - Laguna del Cuervo.

SE06-15 CARTEL

YACIMIENTO MINERAL DE LA MINA SAN FRANCISCO, ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Domínguez-Almuina Anyeli Elizabeth, Grijalva-Solís Francisco Carlos, Terrones-Barraza Armando y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso

Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a329752@uach.mx

La mina de San Francisco está compuesta por una falla cementada de cuarzo, con barita y pirita diseminada en una roca encajonante compuesta por metalutitas. La unidad minera se encuentra en el paralelo 28°51'57.59" de latitud norte y el meridiano 105°57'55.59" de longitud oeste, a 25 km en línea recta al NE partiendo de la ciudad de Chihuahua. El área esta formada por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas constituidas por una alternancia de areniscas y lutitas estratificadas, las cuales corresponden a la Formación Rara, con intercalaciones de lutitas carbonosas de edad pérmica; este paquete meta-sedimentario esta afectando por un cuerpo de composición granítico de edad terciaria. Se formó un halo de metamorfismo que afectó y mineralizó a esta unidad litoestratigráfica teniendo como resultado cuarcitas y hornfels que también fueron alternadas por hidrotermalismo. En el lote minero se reconoció una estructura mineralizada, por una falla de rumbo N 6° W con un echado de 62° al SW con un potencial de un metro de ancho y una extensión de alrededor de 150m, la veta tiene forma tabular, formada por la presencia de fracturas generadas por un intenso fallamiento. Se realizaron secciones delgadas del muestreo del área de estudio encontrando minerales como cuarzo, barita, pirita, calcita, dolomita y epidota, para la identificación de minerales económicos se realizaron análisis de difracción de rayos equis encontrando valores de oro, plata, plomo y zinc, en la zona también se identificaron alteraciones de origen hidrotermal como propilitica, filítica y de oxidación alineadas a la estructura mineralizada. Por la extensión del yacimiento, así como las características minerales y geoestructurales se puede interpretar que es un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

SE06-16 CARTEL

URANIO EN EL ÁREA DE SAN MARCOS, CHIHUAHUA

Jurado-Ruiz Brian Enrique, Torres-Cordero Jocelyn, López-Carrasco Judith Fabiola y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso

Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a338770@uach.mx

El área de estudio se encuentra al noroeste de la ciudad de Chihuahua donde nace un afluente del río Sacramento, exactamente aguas arriba de la Presa de San Marcos, ubicado en las estribaciones de la sierra de Majalca. El área es de interés debido a que ahí afloran evidencias de un depósito mineral con alta ley de uranio, semejantes a los yacimientos del Distrito Uranífero de Peña Blanca. Los afloramientos mineralizados existentes en esta zona (San Marcos I y Victoriano) cuentan con leyes superficiales de uranio significativas. Se han identificado minerales como el Uranofano, metatyuyamunita, uraninita, entre otros. Se presume que dichos afloramientos fueron formados por la actividad hidrotermal de alta a baja temperatura que ocurrió en la zona, después del tectonismo de Sierras y Cuencas que formó la Sierra de San Marcos. Se llegan a observar dos eventos de alteración anteriores a la mineralización, los cuales propiciaron las condiciones para el depósito de dichos materiales radioactivos. Los cuales suelen depositarse en ambientes reductores o en aquellas que han sido alteradas por carbonatación. Estudiando las formaciones y condiciones geológicas de la Sierra de Majalca, se determinó que se cuenta con abanicos aluviales y sedimentos que cubren gran parte del valle, conforme a esto se establece un origen hidrotermal. En el subsuelo se lograron identificar horizontes arcillosos los cuales son recolectores del ion uranilo, esta recolección ocasionó su transformación iónica ocasionando la contaminación de las aguas subterráneas. Lo cual ocasionó la contaminación de las aguas subterráneas. La identificación mineralógica del yacimiento localizado en el área de San Marcos, Chihuahua se le atribuye a las investigaciones anteriormente realizadas por la CIMAV, de las cuales incluimos la obtención de datos microscopios ópticos, análisis de muestras por método gravimétrico, observación de campo y comparación de resultados de investigaciones previas con datos actuales. Identificando así con certeza los procesos geológicos ocurridos en esta extensión de territorio desde su origen y cambios que sufrió el área estudiada esto desde su deposición, transformación y evolución de este mismo.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores

Marina Manea

Silvia Violeta Nava Lara

Andrés David Bayona

SE07-1

DIVULGACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS A LA COMUNIDAD CARMELITA Y UNIVERSITARIA, COMO UN SERVICIO A LA SOCIEDAD EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

Lima Velázquez Rosalba, Arjona Gutiérrez José Isaac, Green Ruiz María de
Jesús, De la Cruz Jiménez Denis Lizette y González Ávalos Yanet Gisela

Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

rlima@pampano.unacar.mx

La frase “La ciencia es la sinfonía de la realidad”, según Richard Dawkins (Lara, V., 2016), aplica perfecto en este proyecto de “Divulgación de las Geociencias a la comunidad carmelita y universitaria”, porque durante 3 años consecutivos, en 6 ediciones semestrales, 39 estudiantes del Programa Educativo de la Licenciatura en Ingeniería Geológica (PEIG) de la Universidad Autónoma del Carmen, han logrado divulgar y difundir el conocimiento de algunas de las maravillas de la naturaleza como “Los manglares que protegen la isla de Ciudad del Carmen”, o la inmensidad impactante de “Los efectos de un huracán, un sismo o una erupción volcánica”, sin dejar de lado “La conexión entre la Geología y las Geociencias con otras ramas del conocimiento como la salud, la computación, la ingeniería, inclusive la construcción”, en beneficio de la sociedad y también en el cuidado del medio ambiente; siendo estos temas entre otros, los que se han compartido en conferencias tanto presenciales como en modalidad virtual en la plataforma de Teams y por Facebook Live. En colaboración con el Proyecto de Salud Integral PISI-UNACAR, en 4 Jornadas “por una UNACAR sana y la divulgación de las Geociencias”; también se ha trabajado muy fuertemente con el Museo Universitario el Guanal con conferencias presenciales en el 2019, en la plataforma de Facebook con la Serie “Así se hizo la Tierra” en el 2021 y con el proyecto “Aprendiendo en el Geomuseo” en lo que va del 2022. Además de presentaciones en escuelas de nivel bachillerato, primaria y sistema abierto INEA de Ciudad del Carmen. La parte medular del proyecto son los estudiantes del PEIG, que han realizado el Servicio Social de 480 h, a lo largo de 3 años en 6 ediciones semestrales, desarrollando habilidades de investigación documental, pedagógica, análisis selectivo del material extraído de fuentes confiables, empleo de TIC’s, manejo de plataformas de divulgación, ampliando la red de contacto con otras disciplinas del conocimiento, en el intento de despertar el interés de la audiencia, a la cual le pierden el miedo, aumentando sus capacidades en el dominio de sus emociones, incrementando la responsabilidad social, convirtiéndose en entes creativos y ciudadanos propositivos, en el momento de transmitir lo que ellos han aprendido, a través de los 7 o más semestres en la carrera, a personas que no comparten la formación que ellos tienen y que quieren aprender de una forma sencilla y amena, tanto a la comunidad carmelita como universitaria de forma directa e indirecta a la comunidad nacional e internacional que siguen las transmisiones en Facebook del Museo Universitario El Guanal y de GDGeociencias, acercando a los participantes tanto oyentes como ponentes, a desarrollar un pensamiento crítico y analítico, evitando ser crédulos por tradición o herencia.

SE07-2

LOS SISTEMAS GRAVITACIONALES DE FLUJO PARA FORTALECER LA PARTICIPACIÓN SOCIAL Y ELABORAR MARCOS LEGISLATIVOS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AGUA EN MÉXICO.

Ortega Guerrero Marcos Adrián¹ y Vallejo Barba Josefina²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Consultora en Pedagogía

maog@geociencias.unam.mx

Los Sistemas Gravitacionales de Flujo representan el nuevo paradigma de las Ciencias del Agua en el Mundo y desde luego en México. La gestión del agua en México ha sido equivocada durante las últimas décadas por diferentes motivos; entre ellos, porque se ha basado en conceptos técnicos y falsos como

lo muestra los criterios del cálculo de la disponibilidad (Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000), lo que ha creado numerosos conflictos por el agua en distintas regiones del país y ha provocado daños severos a la salud de las personas y al ambiente. Reparar esta situación implica grandes retos científicos, técnicos, educativos y jurídicos que es necesario enfrentar de manera urgente. El primer paso para elaborar un nuevo sistema de gestión de este preciado elemento es adoptar un modelo científico adecuado que permita entender el ciclo del agua tanto natural como fragmentado en su conjunto. En este sentido es indispensable utilizar el paradigma de los Sistemas Gravitacionales de Flujo de Agua Subterránea Tothiano-Freezeanos (SGFAS -TF) como base para la elaboración de leyes y reglamentos que permitan una gestión integral y sustentable del agua. Los elementos que constituyen dicho sistema son: el clima, el relieve topográfico, el suelo, los ríos, arroyos, lagos y ecosistemas, el agua subterránea —el medio geológico en el que se mueve (generalmente conocido como acuífero), el potencial hidráulico, los patrones de flujo—, la evolución química, la interacción dinámica entre todos ellos y la actividad humana que modifica estos sistemas. Este modelo permite reproducir y comprender tanto el funcionamiento natural de los SGFAS como las alteraciones causadas por la intervención humana. Así, este sistema resulta de enorme utilidad para mapear las consecuencias a corto y largo plazo de las acciones humanas sobre el ciclo del agua. Su incorporación como base para la investigación y la legislación permitirá corregir los errores de manejo de este elemento y, con ello, lograr una gestión sustentable.

SE07-3

MODELOS DE POLICARBONATO REFORZADO EN LA ENSEÑANZA DE MEDICIÓN DE PLEGUES Y SU REPRESENTACIÓN ESTEREOGRÁFICA

Rodríguez Vázquez Vanesa Estefanía, Escalona Alcázar Felipe de Jesús, Pineda Martínez Luis Felipe, Mandujano García Cruz Daniel, Rodríguez González Baudelio, Valle Rodríguez Santiago y Reveles Flores Sayde María Teresa

Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

vaneerv25@gmail.com

La visualización y análisis del plegamiento en un estereograma es uno de los elementos que normalmente cuesta más trabajo de representar, entender y analizar a los estudiantes de licenciatura. El tema se complica cuando hay pliegues de primero, segundo, tercero u orden superior. La medición de planos en los flancos del pliegue y su representación como polos para el análisis son una tarea que requiere paciencia y dedicación. Por esto, para facilitar la comprensión de la representación de un pliegue en un estereograma, en la Unidad Académica de Ciencias de la Tierra de la UAZ se tiene un proyecto piloto en el que se hicieron dos modelos de pliegues: un medio cilindro y un medio cono. Ambos están hechos con policarbonato reforzado y, distribuidos de manera aleatoria, hay 15 tornillos de plástico que son perpendiculares a la superficie. En la superficie de cada modelo, en cada sitio donde hay un tornillo, se midieron el azimut y el echado siguiendo la “Regla de la Mano Derecha”. También se midieron el azimut y el echado de la charnela. Los dos modelos se colocaron en tres posiciones con la orientación de la charnela hacia 350°, 210° y 075°. Los resultados se graficaron, para cada modelo, en el programa Stereonet 11.3.0. Los ejercicios fueron didácticos porque permitieron visualizar en el estereograma la ciclográfica de cada medición hecha en los modelos, así como el polo de cada plano que, está representado por el tornillo perpendicular a cada medición. De esta manera, al tener el modelo físico, facilitó el entendimiento de la distribución de los polos en el estereograma, así como el significado de elementos como el ajuste de un cilindro, un cono o los contornos de distribución de Kamb cada 2#. Aunque los modelos estaban inmóviles, las mediciones en los flancos de los pliegues del medio cilindro tienen una variación de $\pm 5^\circ$, mientras que en el medio cono puede llegar hasta $\pm 10^\circ$. Esto se debe a que al pegar la brújula al modelo era inevitable un poco de movimiento por el roce. Sin embargo, a pesar de esto los resultados obtenidos facilitaron la comprensión de la representación de los datos de plegamiento en un estereograma. Con estos ejercicios, aunque sencillos, sientan las bases para poder realizar o comprender elementos estructurales más complejos, reforzando las técnicas de enseñanza-aprendizaje de medición de pliegues y su representación estereográfica.

SE07-4

EL DIPLOMADO "TENDENCIAS PROSPECTIVAS EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS", MÁS QUE UNA OPCIÓN DE TITULACIÓN

González Hernández Julio César, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Vásquez García Diego, Delgadón Ayala Daniela, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Juárez Torres José Ángel y Almanza Mosqueda Rodolfo

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

Con la finalidad de ampliar las opciones de titulación para los estudiantes egresados del colegio de ingeniería geofísica de la BUAP, en el marco del reglamento de titulación institucional y de las modalidades aprobadas por el Consejo de Unidad Académica de la Facultad de Ingeniería, se propuso la creación de un diplomado que versara sobre algún tema de actualidad e interés social, desde el punto de vista de las Ciencias de la Tierra. Por ello se aprobó el diplomado denominado "Tendencias Prospectivas en la Industria de los Hidrocarburos", que se llevó a cabo del 21 de abril al 16 de junio de 2022, teniendo cuarenta y cinco inscritos, de los cuales treinta optaron por esta opción para titularse. Cabe señalar que el No. de solicitudes superó las expectativas, por lo que la academia considera que esta opción para titularse es muy atractiva para los egresados y para el público en general como un instrumento de educación continua; así mismo, se contemplan otros tópicos de interés socioeconómico y que esta modalidad no solo funcione como opción para titularse, sino que pudiera coadyuvar en la formación de especialistas en ámbitos de trascendencia nacional. En este trabajo se comparte la experiencia de este primer diplomado con fines de ampliar las opciones de titulación, así como el análisis realizado por la academia.

SE07-5

ANÁLISIS DEL SEGUIMIENTO DE EGRESADOS DEL COLEGIO DE INGENIERÍA GEOFÍSICA DE BUAP, DURANTE EL PERIODO 2021-2022

Martínez Mirón Yleana Claudia, González Guevara José Luis, González Hernández

Julio César, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Mejía

Pérez José Alfredo, Bonilla Hernández Alan y Soriano Méndez Jared Jafet

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

yleanamtz@yahoo.com.mx

El conocer el destino laboral de los egresados de las distintas disciplinas es cada vez más requerido por los sistemas de acreditación institucional y por las propias autoridades educativas, e incluso, en muchos casos esto es un mandato establecido por la propia ley, a través de organismos evaluadores, como por ejemplo El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI). En ese contexto, el Colegio de Ingeniería Geofísica de la BUAP, realiza de manera puntual un seguimiento a sus egresados, con el fin de establecer un vínculo que permita cubrir de la mejor manera este importante requisito de ley; pero más aún, es establecer un mecanismo periódico y sistematizado que sea parte del proceso de mejora continua, establecido en el plan de desarrollo de la coordinación del colegio. El último análisis de seguimiento fue presentado en el año 2019. A nivel internacional se han realizado estudios y propuestas que resaltan las metodologías actualizadas de seguimiento de graduados. en nuestro país, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) propone el siguiente esquema de trabajo con egresados (De la Cruz, Macedo y Torres, 1996), que toda institución puede asumir, según necesidades e intereses: 1. Conocer el impacto que la oferta educativa universitaria tiene en el mercado laboral 2. Establecer la calidad de la docencia en la universidad, tomando como base la opinión de los egresados respecto a su propia formación 3. Conocer la ubicación profesional de los egresados 4. Analizar el impacto social de las escuelas y facultades en el mercado laboral 5. Contar con información que apoye la toma de decisiones para adecuar la oferta educativa universitaria a la demanda existente 6. Sentar bases para determinar la relación formación – prácticas profesionales. Importante señalar también que las encuestas se benefician cada vez más de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC); aspecto que en años anteriores resultaba altamente costoso, en tiempo y dinero. En esta oportunidad presentamos los resultados preliminares, según la encuesta aplicada vía Google forms, con una muestra de 187 egresados, durante el periodo 2021-2022; misma que permitirá tener mejores criterios para realizar las adecuaciones necesarias al plan de estudios.

SE07-6

RETOS PARA LA ENSEÑANZA DEL MANEJO DE GRANDES CONJUNTOS DE DATOS SATELITALES A ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Solano Rojas Darío

Facultad de Ingeniería, UNAM

dsolano@unam.mx

Diversas disciplinas han avanzado hacia la adquisición de grandes volúmenes de datos, particularmente en las en las últimas dos décadas. En particular, la observación de la superficie de la Tierra basada en plataformas satelitales ha permitido la adquisición de un creciente volumen de datos, que se pueden cuantificar en el orden de petabytes. Sin embargo, el almacenamiento, manejo, procesado y

síntesis de la información de las plataformas satelitales se dificulta a medida que el volumen de datos incrementa. Los mayores desafíos para el aprovechamiento de la información derivada de observaciones satelitales se podrían definir en términos de las capacidades de los equipos de cómputo y de las habilidades computacionales de los profesionales encargados de su manejo. En términos de capacidades de los equipos de cómputo, se puede reconocer el avance de los procesadores en un ambiente no académico impulsado por la popularidad de una comunidad aficionada a los videojuegos y al minado de criptomonedas. A su vez, los dispositivos de almacenamiento son cada vez más accesibles en términos de costo. Además, el acceso a plataformas de procesamiento en la nube se ha popularizado al paso de los años, el cual se encuentra muchas veces limitado por el ancho de banda de la conexión a la nube. Sin embargo, el uso de dichas capacidades de cómputo requiere una formación especializada, que muchas veces es otorgada más comúnmente a estudiantes de las carreras de computación. Entre las habilidades que se identifican se encuentra el procesamiento de datos usando cómputo en paralelo, utilizando clusters, el aprovechamiento de los cada vez más comunes procesadores de tipo gpu, y la migración de datos hacia la nube. En este trabajo se presenta un panorama general de las habilidades computacionales necesarias para el manejo de grandes conjuntos de datos satelitales para abordar algunos problemas clásicos de las Ciencias de la Tierra. Dicho panorama se presenta a partir de ejemplos de datos de percepción remota multiespectral para detectar cambio de las coberturas en la superficie de la Tierra, así como de ejemplos de estudios de riesgos naturales en el territorio nacional apoyados de series de tiempo de desplazamiento del terreno a partir de interferometría de radar de apertura sintética. Finalmente, se plantea un escenario que revela la necesidad de formar a estudiantes en habilidades computacionales para el aprovechamiento a corto y largo plazo de los datos satelitales, así como la necesidad de actualizar los recursos computacionales a nivel institucional. Atender dichas necesidades permitirá que los profesionales de Ciencias de la Tierra sean capaces de afrontar los retos de su generación, ya que se observa una tendencia a futuro que requerirá manejar volúmenes de datos aún mayores.

SE07-7

LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN MÉXICO Y SUS PERSPECTIVAS A FUTURO

Fitz Díaz Elisa

Instituto de Geología, UNAM

fitzde@gmail.com

La Geología Estructural es una disciplina básica de las ciencias de la tierra que estudia la deformación de las rocas desde gran escala a pequeña escala. Su enfoque de estudio es vasto ya que incluye desde rasgos submicroscópicos, a escala de enlaces cristalinos, hasta sistemas de fallas y pliegues a escala de la corteza de la Tierra. El estudio de la deformación de las rocas tiene una diversidad de aplicaciones en la exploración y extracción de recursos petroleros, metálicos, hídricos y geotérmicos, además de que provee de información básica en proyectos de geotecnia de gran envergadura. Por si fuera poco, es una ciencia básica para entender el funcionamiento de la tectónica de placas y el riesgo geológico que esta supone en varias regiones densamente pobladas del planeta. En México, esta ciencia llegó desde finales del siglo 19 y fue utilizada por muchas décadas únicamente con fines de exploración y geotecnia (sobre todo para el trazado de vías de comunicación terrestres), y fue hasta finales de los años 50s que empezó a utilizarse como una herramienta de análisis tectónico y hasta finales de los años ochenta que se empezaron a consolidar grupos de investigación con enfoques principalmente científicos y educativos. A pesar de que la Geología Estructural fue utilizada para encontrar y explotar combustibles fósiles, la causa más importante del calentamiento global, está muy lejos de ser obsoleta, ya que un estructurólogo es entrenado para pensar en cuatro dimensiones, lo que le confiere la capacidad para encontrar los mejores sitios para trampas de CO₂, para diseñar maneras más limpias de extraer recursos minerales y energías limpias, y encontrar los mejores sitios para almacenar nuestros residuos tóxicos. Es por esta razón que tenemos la necesidad de desarrollar temas de investigación enfocados a temas de sustentabilidad, e incorporarlos en nuestros planes de estudio, y que los proyectos de sostenibilidad incorporen a especialistas en Geología Estructural. Con dicho conocimiento y experiencia podremos entrenar a las futuras generaciones en estos temas, como ya se hace en algunas escuelas de Europa y de los Estados Unidos. Los geólogos estructurales del futuro requerirán de un conocimiento cada vez más diverso y profundo de otras disciplinas de las ciencias de la tierra, así como de una gama más amplia de herramientas de análisis de las que utilizamos actualmente, las cuales le permitirán analizar integralmente varios procesos geológicos que acompañan a la deformación, de manera que puedan abordar muchos de los retos relacionados con nuestra sobrevivencia y la sobrevivencia de otras especies en este planeta.

SE07-8

LA PETROLOGÍA COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS

González-Cervantes Norma^{1,2} y Padilla-Ceniceros Raudel¹¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

norma@geociencias.unam.mx

Generalmente, los edificios y monumentos históricos están conformados por mampostería de rocas provenientes de canteras cercanas. Se eligen las rocas principalmente por su belleza, aunque también son buscadas por la resistencia, durabilidad y en ocasiones por su abundancia. Con el paso del tiempo estas rocas comienzan a deteriorarse ocasionando degradación visual y pérdida de su resistencia mecánica. En México el INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) es el encargado de la conservación y protección de estos edificios, para lo cual se basan en parte en el glosario ICOMOS-ISCs (por sus siglas en inglés: International Council on monuments and sites-International Scientific Committee for Stone). Este glosario indica las diferentes meteorizaciones químicas y físicas que les suceden a los edificios, sin embargo, para poder utilizar este glosario es importante conocer o tener las bases de la petrología de la roca con la que se esté trabajando. Recientemente en la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) se impartió un curso intersemestral interdisciplinario para apoyar en este conocimiento. En dicho curso se enseñó a hacer una descripción petrográfica; identificando los porcentajes de los componentes, formación y procesos de meteorización de las rocas que tienen algunos edificios de Aguascalientes, con dicho reconocimiento se realizó un mapeo petrológico de al menos una de las caras del edificio o monumento, así como una ficha de identificación de daños según el ICOMOS-ISCs que permitió visualizar las zonas más dañadas según la petrología descriptiva. En este trabajo se presenta y discute la aplicación de dicho curso al edificio "Casa la Purísima".

SE07-9

ROCAS METAMÓRFICAS DEL SUR DE MÉXICO: PROPUESTA DE VIDEO-EXCURSIÓN EN EL COMPLEJO ACATLÁN Y EL COMPLEJO XOLAPA, PUEBLA Y OAXACA.

Castillo Reynoso Juan Carlos, Ramírez Calderón Mónica, Elbjorn Flores Ilse, Guerrero Moreno Sandra y Ibarra Juan

Centro de Geociencias, UNAM

jccr@geociencias.unam.mx

El mosaico multi-litológico que se erige en sus paisajes configura al territorio mexicano como una de las regiones geológicamente más complejas del mundo. Para entender la geología de México, una de las principales dificultades surge al intentar desentrañar la historia de los complejos de rocas metamórficas. Para reconocer dichos ensambles, en junio del 2022, los estudiantes de posgrado del Centro de Geociencias de la UNAM llevaron a cabo una excursión geológica en dos de los principales conjuntos metamórficos, conocidos como Complejo Acatlán y Complejo Xolapa. Los participantes visitaron las zonas aledañas al poblado de Acatlán de Osorio, Puebla y Puerto Escondido, Oaxaca, localidades reconocidas por la excelente exposición de rocas metamórficas. Con el fin de divulgar las observaciones de campo que resultaron de la excursión y llevar al público en general conocimiento sobre los tipos de rocas de ambas regiones, se propone la creación de una video-excursión en la que se muestran los tipos de rocas metamórficas desde la escala de una imagen de satélite hasta la escala milimétrica de minerales. El video resultante será publicado formalmente en una revista de divulgación de las ciencias de la tierra acompañado de un texto explicativo que incluye, como material suplementario, el libro guía de la excursión con una descripción más detallada de los complejos metamórficos. En la video-excursión se pretende contrastar los tipos de roca del Complejo Acatlán, principalmente dominado por esquistos, rocas graníticas metamorfoseadas y anfíbolitas; contra rocas del Complejo Xolapa, caracterizado por migmatitas, las cuales son producto de la fusión de la corteza. La video-excursión se presenta en formato de video y recurre al lenguaje coloquial para introducir el concepto de roca metamórfica, los rasgos morfológicos y descripciones de los afloramientos visitados. Además, se incluye la descripción de muestras de mano y minerales observados con el microscopio petrográfico

SE07-10

PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES PARA PROYECTOS DE GEOTERMIA

Durán Oliva Ana Laura¹, Jácome Paz Mariana Patricia², Guerrero Martínez Fernando³ y Prol Ledesma Rosa María²¹Programa Único de Especializaciones en Ingeniería, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Instituto de Energías Renovables, UNAM

anlvista@gmail.com

El aumento de la demanda energética, en paralelo al crecimiento demográfico y al cambio climático, requiere una inversión urgente en energías sostenibles. La energía geotérmica es un recurso independiente de las condiciones climáticas, que puede contribuir a cubrir las necesidades energéticas, mejorar la calidad del

aire y a la descarbonización. Sin embargo, actualmente aún es desconocida y en algunos lugares con potencial geotérmico es poco aceptada por lo que es fundamental que los gobiernos y el público estén informados sobre los beneficios de la geotermia. Este proyecto busca lograr un acercamiento clave para la explotación de sistemas geotérmicos a través de una herramienta de toma de decisiones para los planificadores y desarrolladores de proyectos. La herramienta contempla la integración de variables que permiten diagnosticar la factibilidad técnica y social de uso de un sistema geotérmico y su aceptabilidad. Con esta innovación tecnológica se plantea motivar y facilitar la transición energética hacia el uso de energías limpias y socioambientales sustentables.

SE07-11

EL PROCESO DE ACREDITACIÓN: OPORTUNIDAD DE GESTIÓN COMO ESTRATEGIA DE MEJORA CONTINUA DE UN PROGRAMA EDUCATIVO

González Hernández Julio César, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Juárez Torres José Ángel y Pérez Rodríguez Vanía Angélica

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

Según el Consejo de Acreditación de Enseñanza de la ingeniería (CACEI), el Programa Educativo (PE) debe tener definidos y publicados sus Objetivos Educativos (OE), y Atributos de Egreso (AE) que deberán ser congruentes con la misión institucional, las necesidades de sus Grupos de Interés (GI) y los propios criterios del CACEI. En ese sentido, el glosario de términos del CACEI establece que los GI "...Son los sectores específicos de la sociedad a los cuales está dirigido el PE". Este es uno de los puntos fundamentales que, junto con el seguimiento puntual de los egresados, marcan una diferencia trascendental entre el marco actual y el marco 2014 (Rojas Villegas, 2019), el proceso se complementa con evaluación y valoración. El colegio de Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la BUAP lo entiende y asume como el proceso de fortalecimiento para que los egresados de este PE adquieran las fortalezas profesionales que deben ser medidas, valoradas y evaluadas de manera permanente, bajo un esquema planificado de mejora continua; y para lograr dicho propósito, es fundamental la participación activa de los GI en dichos procesos, que deben sistemáticos. Dado que el marco de referencia 2018 no contempla o establece un mecanismo estándar para la identificación/selección de los GI y de cómo estos deben y pueden ser involucrados en las actividades de mejora continua. En este trabajo se exponen las acciones llevadas a cabo en las fases iniciales del proceso de acreditación, con la colaboración de profesores de otros PE, con la finalidad de compartir experiencias.

SE07-12

EXCURSIONES GEOLÓGICAS VIRTUALES: TRANSECTO DURANGO-MAZATLÁN, AVANCES

Mancera-Alejándrez Javier¹, Macías-Medrano Sergio¹, Ferrari Luca² y González-Torres Enrique¹¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Centro de Geociencias, UNAM

jmancera@unam.mx

El desarrollo de entornos web como herramientas que coadyuvan en la docencia y la divulgación de las ciencias en general ha ido creciendo gracias a la gran evolución de los medios digitales. Desde aquellos utilizados para la adquisición de material audiovisual hasta los equipos de cómputo y comunicación para el procesamiento y edición de estos materiales. Por otro lado, la explosión acelerada de generación de contenidos digitales ha puesto al alcance de prácticamente cualquiera la posibilidad de generar material audiovisual de "buena calidad" que permita transmitir conocimiento de manera masiva. El registro geológico de México se caracteriza por su amplia diversidad y alta complejidad, por lo que su enseñanza en un curso de Geología de México lograría un mejor aprendizaje y entendimiento al realizar visitas a zonas "emblemáticas" de las provincias geológicas en donde los estudiantes pudieran ser guiados por un especialista de la región y observar los afloramientos en que se sustentan los diferentes modelos de evolución geológica. En este sentido, en el marco de un proyecto financiado en el programa PAPIME UNAM, se ha planteado desarrollar una colección de "Excursiones geológicas virtuales", que lleve a los a los estudiantes e interesados a tener una experiencia cercana a una visita de campo presencial, la cual complemente sus cursos de geología. Esto lo pretendemos lograr a través de la participación de geocientíficos que han contribuido en forma sustantiva a la generación de conocimiento en las distintas provincias geológicas, aunados al desarrollo de mapas interactivos digitales en ambiente Google Earth y elementos audiovisuales como videos, mosaicos fotográficos de alta resolución, modelos 3D, fotografías inmersivas (360°) e interpretaciones en imágenes. Las excursiones virtuales que se pretende realizar en esta colección son transectos representativos de las grandes provincias ígneas Cretácico-Cenozoicas (Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana), las principales cadenas orogénicas post-Paleozoicas (Orogénico Mexicano y Sierra de Chiapas) y el Grupo Comondú de Baja California. Una de las primeras excursiones que se está desarrollando es el transecto Durango-Mazatlán, donde se exponen los principales eventos magmáticos y tectónicos Cretácico tardío-Cenozoicos de la Provincia geológica Sierra Madre Occidental (SMO). Durante el recorrido virtual se pretende que el usuario, reconozca visualmente algunas de las localidades clave en donde afloran las diferentes sucesiones que constituyen los grandes

eventos ígneos ocurridos en la región, acompañadas con las explicaciones de un especialista y con el complemento de recursos tecnológicos que permiten una observación visual desde diferentes perspectivas y escalas. Asimismo, se explican las diferencias y particularidades de cada una de estas sucesiones volcánicas, los rasgos estructurales que las afectan y la temporalidad, para llegar a modelos de síntesis de la evolución geológica y geodinámica. Finalmente, se explica cómo todos estos elementos geológico-estructurales han controlado la ocurrencia de diferentes episodios de mineralización a lo largo del transecto y de manera regional en la SMO. Contribución del proyecto de DGAPA/UNAM PAPIIME PE106422.

SE07-13

METAMORFIZ-ARTE: UN ACERCAMIENTO ENTRE LA GEOLOGÍA Y EL ARTE

Rojas Beltrán Marco Antonio, Badillo Leyva Jessica Elizabeth,
Monreal Méndez Cynthia Hazel y Narváez Rodríguez Karina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
geografia.mrojas@gmail.com

El modelo universitario de formación integral de la UASLP, incluye el fomento hacia la apreciación artística; esto representa un reto en ingeniería, donde el aspecto artístico dentro de los contenidos de las materias no está contemplado. En este trabajo se muestra como se ha incorporado el aspecto artístico, en una de las materias del programa de ingeniería en geología: Petrología y petrografía metamórfica; donde en el laboratorio se desarrolla un proyecto integrador, en el que se evalúan las competencias que debe cubrir la materia; tales como las descripciones en muestra de mano, reconocimiento de minerales metamórficos, identificación de estructuras y texturas metamórficas, asignación a facies e isogradas metamórficas. Pero, adicionalmente se tiene que convertir una microfotografía de la roca metamórfica, en una imagen artística. En este trabajo se presenta el proyecto "METAMORFIZ-ARTE"; en el cual se describe el proceso de creación artística, y además, se realiza el análisis de los trabajos presentados desde 2015 hasta la interrupción por la pandemia, haciendo un balance de los logros, el impacto entre los estudiantes y los retos a futuro. Se hace una descripción de las principales corrientes artísticas y artistas que tienen impacto sobre los estudiantes. También se evalúa su uso para fomentar el estudio de las rocas, y su aplicación en actividades de difusión y divulgación científica; en particular en el campo de las ciencias de la tierra. El balance general del proyecto es positivo en términos de interés de los estudiantes de geología; además de que este proyecto, les permite a los alumnos percibir las rocas desde otra perspectiva. Palabras clave: Arte, Divulgación, Microfotografía, Petrografía, Rocas metamórficas

SE07-14

TLALOCAN. LOTERÍA MESOAMERICANA DE LA ATMÓSFERA

Muñoz Salazar Joshua Iván¹, Muñoz Salazar José Emmanuel², San Miguel Rodríguez Silvia Ivonne³, Pretelín Ramos José Daniel¹ y Porras Reza Sandra⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra

joshuamunoz@ciencias.unam.mx

En el marco del Decenio Internacional de las Lenguas Indígenas se presenta una reinterpretación del tradicional juego de lotería, diseñada en la Unidad de Vinculación y Comunicación de la Ciencia del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los objetivos principales de este trabajo son difundir las lenguas indígenas del país y explorar cómo las cosmovisiones de los pueblos originarios han aportado de manera sustancial a la conformación de la actual cultura ambiental, usando elementos relacionados con la atmósfera como hilos conductores. Los temas que integran esta lotería son divididos en cinco secciones: atmósfera, litósfera, hidrósfera, cosmos y biósfera. En cada una de estas secciones se promueven diálogos entre los conocimientos generados por las Ciencias de la Tierra y los propios de las Ciencias Antropológicas que reflejan la riqueza natural y cultural de Mesoamérica. Se utilizan recursos iconográficos, retomados de distintos códigos mesoamericanos, que muestran la relación naturaleza-sociedad presente desde el establecimiento de los pueblos originarios de nuestro país. Aunque actualmente este trabajo se encuentra bajo proceso editorial con el fin del generar un recurso educativo y lúdico para la difusión de las geociencias, ya se ha presentado previamente en la Fiesta de las Ciencias y las Humanidades de la UNAM, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y, en 2021, fue seleccionado para formar parte de la Fábrica Editorial de la Secretaría de Cultura a través del Centro Nacional de Artes.

SE07-15

GEOLOGÍA DESDE LOS OJOS DE UN DRON: UN PORTAL EDUCATIVO PARA LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Mancera-Alejandro Javier, Hernández-Espriu Antonio,
Macías-Medrano Sergio, González-Torres Enrique y Solano Rojas Darío
Facultad de Ingeniería, UNAM
jmancera@unam.mx

El uso de drones en la actualidad ha ido creciendo exponencialmente, desde los usos lúdicos hasta aquellos con algún interés específico. En Ciencias de la Tierra existen numerosas aplicaciones que han ido evolucionando en complejidad. Al inicio, el uso de un dron permitía simplemente llevar nuestros ojos a donde el acceso era difícil o prácticamente imposible. Sin embargo, muy rápidamente fue más allá. Bastos trabajos relacionados a drones se han publicado en torno a obtención de nubes de puntos (NP), segmentación de NP para identificación de litologías, obtención de datos estructurales, comparaciones temporales del relieve, reconocimiento de estructuras geológicas, etc. En estos trabajos queda claro que la utilización de drones es una herramienta que no sustituye el trabajo de campo pero que sí, potencializa de forma importante la labor del geólogo y puede eliminar sesgos de medición. En otro sentido la inclusión de nuevos temas en el pensum de los planes de estudio puede ser un camino lento, Incluso en algunas ocasiones, la actualización de planes de estudio en las Ciencias de la Tierra no alcanza la inmediatez del avance tecnológico. Es por ello por lo que nuestro grupo ha diseñado un sitio web en donde ponemos a disposición productos docentes como unidades teóricas, prácticas computacionales, videotutoriales y visitas geológicas virtuales, los cuales son para introducirse en estas temáticas. También hemos generado y ponemos a disposición en nuestra página (<https://drones.unam.mx/>) insumos tales como NP, colecciones de fotografías, modelos 3D, etc., que se complementan con los productos docentes para que los usuarios puedan replicar los videotutoriales y desarrollar reactivos planteados en las prácticas computacionales. La elaboración de este proyecto nos ha llevado a tener un canal de Youtube (<https://www.youtube.com/channel/UC1fx3Dpgc08fahxTzliknOg>), un espacio en Scketchfab (<https://sketchfab.com/IngenieriaGeologicaAsistida>) y repositorios virtuales que ya están disponibles y que actualmente se están enriqueciendo, lo cual se condensará en una página web que estará lista a finales de año, abordando temas como manejo y tipos de drones, fotogrametría digital y generación de NP, visualización y procesamiento de NP, extracción semiautomática de datos estructurales en rocas, validación estadística, etc. Se espera que estos materiales sirvan para que el alumnado y profesorado de Ciencias de la Tierra de habla hispana tengan posibilidad de acercarse al manejo y uso de drones, así como el aprovechamiento de los datos obtenidos. Este trabajo ha sido financiado por la DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIIME PE101020.

SE07-16 CARTEL

HUMEDALES RAMSAR DE BAJA CALIFORNIA Y EL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Fernández-Díaz Violeta Zetzangari, Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús,
Alvarado Graef Patricia, Mejía Piña Karla Gabriela y García Romero Agustín Rafael
Universidad Autónoma de Baja California, UABC
violeta.fernandez@uabc.edu.mx

A lo largo de la historia, los humedales costeros han sido de gran importancia para la humanidad, ya que han permitido el desarrollo socioeconómico de civilizaciones enteras. En la actualidad, su conservación ha cobrado relevancia internacional debido a los numerosos servicios ambientales (ecosistémicos) que ofrecen a la sociedad y el valor económico que representan. El aumento del nivel del mar, como uno de los efectos adversos del cambio climático, representa una amenaza directa para los humedales, ya que aunado a las actividades antrópicas que degradan a estos ecosistemas, pone en riesgo la pérdida de sus servicios. En Baja California, existen 268 humedales que son refugio de flora y fauna silvestre; sin embargo, son siete los designados como sitios Ramsar, es decir, humedales de importancia internacional. Estos humedales, además de contribuir al bienestar de los bajacalifornianos y proporcionar sustento económico a través de actividades turísticas, pesqueras y acuícolas, dan sustento a diversas especies de peces, invertebrados, mamíferos y aves de relevancia internacional. En los humedales de Baja California, el cambio de uso de suelo, el incremento de la mancha urbana y la extracción de materiales pétreos, son algunas de las amenazas que ponen en riesgo la resiliencia de estos ecosistemas, reduciendo su capacidad para mantener sus servicios y hacer frente al aumento del nivel del mar, poniendo en riesgo el bienestar que brindan a la sociedad bajacaliforniana y el medio ambiente. En este sentido, la difusión de información que coadyuva a la preservación de los humedales y su resiliencia frente al aumento del nivel del mar, forma parte de los esfuerzos necesarios de las geociencias para promover la educación entre generaciones, y que el funcionamiento, bienes y servicios que estos ecosistemas brindan a la sociedad, sean considerados en la formulación y evolución de buenas políticas públicas y la toma de decisiones eficientes de cara al aumento del nivel del mar.

SE07-17 CARTEL

EL CASO GEOPARQUE ASPIRANTE RUTAS DEL AGUA

Pérez Chávez Mario
 Instituto Cultural de Aguascalientes, Geoparque Aspirante Rutas del Agua, ICA
 geosfera51@gmail.com

Se presenta la metodología y los resultados alcanzados para la preparación de la candidatura del Geoparque aspirante "Rutas del Agua" en Aguascalientes. El fundamento fue la elaboración de una base de datos cartográfica en la que se integró información relevante tomada de la cartografía básica y temática del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y otras instancias.

SE07-18 CARTEL

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GEORRADAR EN LA BÚSQUEDA DE FOSAS CLANDESTINAS EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

Lizardo Castro Cecilia, González Hernández Julio César, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín y Mejía Pérez José Alfredo
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
 cecilizardo@hotmail.es

El estado de Veracruz se encuentra en el oriente de México, y este se ha convertido en uno de los estados con mayor índice de desaparecidos en el país. Para la búsqueda de fosas clandestinas se emplea el georradar, por medio del cual es posible localizar todo tipo de utilidades enterradas, como tuberías, cables, grietas, cavidades o huecos, humedad, agua, vestigios arqueológicos y fosas clandestinas para la actividad forense, tratándose de un método no invasivo que permite ubicar espacialmente la presencia de anomalías en los registros obtenidos. El objetivo del presente trabajo es reportar resultados de estudios de prospección geofísica electromagnética y eléctrica realizando una fosa simulada. La metodología aplicada fue la realización de dos puntos orientados a detectar y delimitar anomalías en el subsuelo, en contextos diferentes, vinculados con inhumaciones por medio de prospecciones geofísicas someras con un georradar equipado con una antena blindada de 500 MHz. De igual forma, se realizó una tomografía eléctrica resistiva con el fin de ver la comparatividad en cada método. Los resultados obtenidos indican que la ubicación precisa de una inhumación utilizando la tecnología de georradar la cual está en relación con el modo de disposición de los restos que se haya utilizado ya sea sepultura directa o en bolsas. Se demuestra asimismo que las distintas formas analizadas de ocultamiento de una fosa pueden ser detectadas y delimitadas con estas tecnologías. Se considera que los resultados obtenidos, por su similitud con casos reales, son un aporte de utilidad para investigadores que desarrollan su actividad en el campo de la Geología forense.

SE07-19 CARTEL

ALEXANDER VON HUMBOLDT CON SISTEMAS COMPUTACIONALES DE GEOFÍSICA. FASE: HUMBOLDT EN TENERIFE, ESPAÑA (1799)

Guzmán Magaña Dolores, Escobar Gonzaga Jocelyn, Reyes Arias Cinthia Yareli, Salazar Peña Leobardo, Hernández Oscay Ariadna, Romero Espejel Héctor, Galaviz Alonso Sergio Alberto y Zenteno Jiménez José Roberto
 Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticomán
 dguzmanm1601@alumno.ipn.mx

Las herramientas de mapeo genéricas se utilizan en las Ciencias de la Tierra para procesar datos y generar imágenes con calidad de publicación, incluyendo animaciones. Tal es el caso del Generic Mapping Tools (GMT) y los visualizadores gráficos. La ventaja de este tipo software es que son gratuitos, de código abierto, sin tantas limitaciones. En este trabajo se presenta el proyecto sobre las expediciones de Humboldt en Tenerife, España (1799), con representación computacional, cuyo objetivo es generar material de divulgación con orientación geocientífica y cultural. Como procedimiento, inicialmente se indagó la ruta de navegación de Humboldt. Partió junto con Aimé Bonpland de La Coruña, España y llegaron al Puerto de la Cruz en Tenerife en 1799. Ya en Tenerife, siguieron una serie de actividades y el ascenso al Pico del Teide. En las representaciones computacionales, se obtienen los datos como coordenadas de los lugares y de los recorridos, elevaciones, puntos guía. Se obtienen los mapas y gráficos 3D. Enseguida, con ayuda de programación, se combina con los comandos del GMT para obtener las animaciones computacionales. Para el Pico del Teide se posibilita incluir elementos del interior relacionados con actividad volcánica o actividad sísmica en Tenerife. En este contexto, se consideran eventos volcánicos de actividad reciente para el tiempo de Humboldt en Tenerife como la actividad del volcán Pico Viejo o Chahorra (Narices del Teide, 1798) y actividad del Lomo Negro ubicado en la Isla adjunta El Hierro (1793). En esta actividad volcánica para el caso de fumarolas, se recurrió a una primera representación geoestadística. La representación para fumarolas se adapta a los depósitos de ceniza que debió encontrarse Humboldt en Tenerife. Como fase culminante, se consideran las evidencias reportadas por Humboldt que suponen o evidencian la generación de tsunamis. Este evento se reprodujo con modelación computacional, es un fenómeno potencial en la actualidad en el conjunto de las Islas Canarias. Se concluye que este tipo de ejercicios computacionales son adecuados por un lado, para analizar los aportes de Humboldt. Por otro lado, son adecuados y

necesarios para complementar programas orientados a la divulgación y a la cultura, ejercicio practicado en universidades.

Sesión especial

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD

Organizadores

Gerardo de Jesús Aguirre Díaz
Carles Canet Miquel
Geraldine Verónica Vázquez Alarcón

SE08-1

PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO EN EL "PARQUE AVENTURA BOCA DE TÚNEL DE POTRERILLOS", SAN JOSÉ DE GRACIA, AGS.

Rojas Beltrán Marco Antonio, Ruvalcaba Pérez Andrés Emiliano,
Pineda Orta Mónica Fernanda y Espinosa Velázquez Alfredo Apolo
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
marco.beltran@uaslp.mx

En el Estado de Aguascalientes existen una serie de parques que se enfocan en la preservación de la biodiversidad; sin embargo, el aspecto paisajístico y en particular el recurso geológico y geomorfológico, esta sub-aprovechado. El objetivo de este trabajo es mostrar el potencial geoturístico y los puntos de interés geológico, de un parque de turismo de aventura en Aguascalientes, el "Parque Aventura Boca de Túnel". Este parque se ubica en la parte centro-norte del Estado, en el borde oriental de la Sierra Fría. La Sierra Fría pertenece a la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental; la cual es la provincia de rocas ignimbríticas más grande del mundo. La Sierra Fría está compuesta rocas volcánicas de composición riolítica y andesítico-basáltica, en forma de ignimbríticas, depósitos piroclásticos, tobas, coladas de lava, domos, etc. En el parque, aflora una sola unidad de ignimbríticas, denominada "Ignimbrita Garabato"; sobre esta unidad se estableció un paseo de aventura extrema, compuesto por 2 tirolesas y 11 puentes. El circuito completo tiene una longitud de 975 m y un desnivel de 30 m. Sobre el paseo se aprovecha la belleza escénica del lugar. Como resultado de este trabajo se marcaron una serie de 5 puntos de interés geológico donde es posible generar conocimiento y conciencia sobre la geodiversidad y el aprendizaje de ciencias de la tierra en aspectos como vulcanología, petrología ígnea, geología física, geomorfología y sedimentología. Pero también, aprovechando la infraestructura hidráulica del lugar en sitios tales como: la cortina de la presa, el túnel, los limnimitros, etc., es posible aprender sobre aspectos de geología aplicada a la ingeniería civil, geotecnia, mecánica de rocas e hidrología. El resultado de este trabajo es una serie de fichas, que contienen información a nivel divulgación sobre aspectos de la geología de rocas volcánicas, de hidrología y en términos generales de geología básica; de tal manera, que los visitantes pueden adquirir conocimientos que enriquezcan su experiencia de aventura. Así como indicar los principales valores: educativos, científicos u otros. El potencial de uso, como: accesibilidad, visibilidad u otros. Así como, las necesidades de protección, como: deterioro, vulnerabilidad, etc. Este trabajo puede contribuir a enriquecer la experiencia de aventura de los visitantes, y a la vez, se difunde el aprendizaje de las ciencias de la tierra, y el campo de acción de la geología; así como un elemento base para el proyecto de geoparque de las rutas del agua, que esta en fase de estudio por parte del Gobierno del Estado de Aguascalientes. Palabras clave: Aguascalientes, divulgación, geopatrimonio, geosendero, geoturismo

SE08-2

GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA PORCIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, ENTRE LA ISLA TIBURÓN Y BAHÍA DE KINO, SONORA

Miros Gómez Jorge Alberto¹, Canet Carles², Carcavilla-Urquí Luis³ y Calmus Thierry⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto Geológico y Minero de España, IGME

⁴Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM
jmiros@gmail.com

En México los estudios de geodiversidad y patrimonio geológico son cada vez más conspicuos. Algunos esfuerzos exitosos han culminado en la designación de Geoparque Mundial de la UNESCO; no obstante, estos conceptos se han desarrollado principalmente en el centro y sur del país, mientras que en el norte los trabajos del tema son aún escasos, a pesar de contener una elevada geodiversidad. En la porción central del Golfo de California se halla la Región de las Grandes Islas del Golfo de California, la cual destaca a nivel mundial por ser una zona de alta productividad biológica y de importancia para una gran diversidad de especies marinas residentes, migratorias, protegidas y endémicas. También posee una importancia socioeconómica vinculada a las actividades pesqueras. Debido a esto, los esfuerzos de conservación e investigación en esta región han estado

orientados a la biología y ecología, y han soslayado el relevante papel que tienen los elementos de la geodiversidad y los paisajes geológicos en el territorio. En particular, la región costera que se extiende entre Isla Tiburón y Bahía Kino posee una interesante historia geológica y tectónica, misma que se encuentra expuesta en impresionantes paisajes geológicos costeros e insulares. Específicamente, esta zona costera destaca por: (a) la Isla Tiburón, la más grande de México (bajo el resguardo de la comunidad indígena Comcaac), (b) el Canal del Infiernillo, un estrecho bordeado de lagunas costeras hipersalinas que contienen los manglares más septentrionales del país, y (c) diversas geoformas costeras como puntas cuspidadas, terrazas marinas, cordones de dunas, tómbolos y acantilados. Desde una perspectiva geológica, el área destaca por atributos que incluyen afloramientos del terreno alóctono del Ordovícico, afloramientos del batolito costero de Sonora, de edad Cretácica, depósitos riolíticos y piroclásticos, de edad Mioceno y Plioceno; además de yacimientos paleontológicos del Mioceno Tardío que registran las primeras invasiones marinas tras la apertura del Golfo de California. Aunado a esto, las condiciones áridas características del Desierto de Sonora permiten apreciar dichos elementos de forma clara y directa. La zona también posee un relevante patrimonio cultural tangible e intangible que, sumado al natural, le confiere un alto potencial para el desarrollo de actividades sustentables y de conservación. En conjunto, estas características ofrecen una oportunidad única para estudiar la geodiversidad y valorar el patrimonio geológico mediante metodologías como las siguientes: (a) índice de geodiversidad, (b) inventario de geositos, y (c) análisis de percepción social sobre el patrimonio geológico.

SE08-3

GEOTURISMO Y GEODIVULGACION: UN RECORRIDO POR EL ACUEDUCTO DE PASO DEL DIABLO, EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE GUADALUPE, SAN LUIS POTOSÍ

Espinosa Velázquez Alfredo Apolo¹, Salas de la Rosa Evelyn² y Rojas Beltrán Marco Antonio²

¹Club de senderismo expeditions, CDSE

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
espinosaapolo@gmail.com

México cuenta con una gran diversidad geológica que se refleja en una gran variedad de sitios de interés geológico, donde se puede conocer, aprender y desarrollar el estudio de las Ciencias de la Tierra. En el Estado de San Luis Potosí, existen una serie de sitios que empiezan a ser explotados por su potencial turístico, a través de rutas de senderismo; entre ellos están Joya Honda, Sierra de Álvarez, Charcas, Sierra de San Miguelito, y el Cañón del Diablo. Dentro del turismo de aventura, se puede identificar que algunos aspectos involucran el conocimiento de aspectos de la geología; ya que esta ciencia ayuda a explicar y comprender las rocas donde se tienen los desarrollos de ecoturismo. Este trabajo se realiza en el Cañón del Diablo, que se ubica en la parte norte del Estado, en la zona Altiplano; este sendero se conoce también por el nombre turístico de la "Petra Potosina", por el acueducto desarrollado en la roca, para la transferencia de agua de la Sierra de Catorce, hacia la ciudad de Matehuala. El acueducto consta de 3 km sobre su parte principal, que va de la localidad de Las Adjuntas hasta San Bartolo. Sobre este recorrido, se identifican 6 sitios de interés geológico, en donde se puede aprender sobre distintas ramas de la Geología, como Geología Básica, Petrología Sedimentaria, Sedimentología, Estratigrafía, Geología de México, Hidrología y Geología Aplicada a la Ingeniería Civil. Dada la importancia de la obra civil, también tiene un gran interés histórico. Durante el recorrido, se crearon fichas descriptivas, que incluyen aspectos como: interés científico, interés geológico, influencia, etc., los cuales se agrupan como el valor intrínseco. Así como, el potencial de uso, y las necesidades de protección. En este trabajo se describen a nivel de divulgación cada uno de los sitios propuestos; pero adicionalmente, en uno de ellos, se tomaron 8 muestras para estudios petrográficos, las cuales incluyen calizas, cuarzomonzonita, areniscas, vetas de cuarzo y minerales metamórficos. Este trabajo constituye una primera aproximación a la valorización del patrimonio geológico, a través de actividades lúdicas, que incluyen el hacer senderismo, pero aprendiendo sobre la génesis del paisaje (geosenderismo) y darles un valor agregado a las actividades de aventura. Este turismo si se hace de manera responsable, puede contribuir al desarrollo sustentable de las comunidades; sin embargo hace falta generar conciencia tanto en las autoridades, como en la población local y los grupos de senderismo, en realizar actividades de turismo de aventura seguras, ya que las condiciones en las que se encuentra el acueducto, principal atracción del sitio, ponen en riesgo a las personas.

SE08-4

GEOTURISMO EN EL ÁREA DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, EN ITURBIDE, N.L.: PROYECTO PILOTO

Campos Aguilera Eladio¹, Ramírez Fernández Juan Alonso¹,
Pérez Tijerina Eduardo² y Salinas Jasso Jorge Alán¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL
eladio.aguilera@gmail.com

La riqueza geológica que presenta México es de gran importancia en cuanto al patrimonio que se puede generar. Cada año, se han estado presentado cada vez más propuestas y proyectos que tienen como objetivo el reconocimiento del valor del patrimonio geológico, combinado con ámbitos culturales y biológicos, en forma de Geoparques Mundiales (UNESCO). En México existen dos Geoparques Mundiales de la UNESCO: El Geoparque Comarca Minera (Hidalgo) y el Geoparque Mixteca Alta (Oaxaca), sin embargo, para el Noreste de México, a pesar de presentarse una gran riqueza geológica, no hay algún reconocimiento. Esto se debe a que no se ha trabajado en proyectos concretos para implementar o acondicionar áreas para llegar a tener una importancia geoturística. La Universidad Autónoma de Nuevo León inaugura en 2019 el Observatorio Astronómico Universitario en la cima del Cerro el Picacho, en el municipio de Iturbide, Nuevo León. Contando con un tetra telescopio llamado "Tlapiani", lo cual significa guardián en náhuatl, que cuenta con el propósito de colaborar en campañas nacionales e internacionales de monitoreo de asteroides. Este proyecto tiene como objetivo la implementación de un Campo de Geoturismo Científico, mediante estudios geológicos e instalación de geositos, a partir de cartografía geológica, así como la creación de guías visuales que ayuden a la divulgación científica sobre la geología, litología, paleontología, entre otras. Esto generará un punto de interés en el estado de Nuevo León, que a su vez ofrecerá conocimiento sobre geología, ayudando a tener nuevas perspectivas hacia los niños, jóvenes y adultos en cuanto a las geociencias.

SE08-5

LA CANTERA TLAYÚA, GEOSITIO POTENCIAL DEL CRETÁCICO INFERIOR EN LA MIXTECA POBLANA, SUR DE MÉXICO

Juárez-Arriaga Edgar, Barragán-Manzo Ricardo,
Espinoza-Arrubarrena Luis y Alvarado-Ortega Jesús

Instituto de Geología, UNAM

ejarriaga@geociencias.unam.mx

La designación y preservación de geositos es una actividad sustancial para el avance y difusión de las ciencias de la Tierra y el turismo en el mundo. Recientemente, el diverso patrimonio geológico en México empezó a ser identificado, documentado y protegido con esta visión. En la Sierra Madre del Sur, en la región de la Mixteca poblana, aflora una sucesión sedimentaria carbonatada del Cretácico Inferior de la Formación Tlayúa que por su valor científico, geológico y económico constituye un recurso natural no renovable. Los mejores afloramientos se encuentran en la barranca homónima, al este del poblado de Tepexi de Rodríguez, sitio donde también está su localidad tipo, una zona de canteras activas de donde se extrae material pétreo y un museo de sitio de la UNAM. La cantera Tlayúa tiene una extensión limitada, pero cuenta con gran potencial para constituirse como geosito. Es una localidad geológica excepcional que ha permitido estudiar parte de la diversidad biológica del pasado en nuestro planeta; expone rocas del Miembro Medio de la Formación Tlayúa con un conjunto fósil extraordinariamente preservado que es resultado de procesos geológicos irrepetibles, por lo que se considera un konservat-lagerstätte. A la fecha, se ha realizado un importante trabajo que incluye la colecta, catalogación y conservación de más de 8500 fósiles estudiados o en proceso de estudio bajo el resguardo del Instituto de Geología de la UNAM. El conocimiento científico ha sido subvencionado por la UNAM, la CONABIO, la National Geographic Society y la National Science Foundation. Actualmente se busca incorporar a la investigación y protección de este patrimonio geológico al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, la BUAP y al CONCYTEP. Este esfuerzo también se debe a la sociedad y se reconoció con el galardón Harrell L. Strimple a Miguel Aranguti en 1999. La cantera Tlayúa es también una aula abierta para la enseñanza de diversas áreas de las geociencias como paleontología y estratigrafía a través de la elaboración de mapas, visitas escolares y excursiones geológicas nacionales e internacionales. Esta cantera tiene un gran valor económico para pobladores locales quienes obtienen ganancias por la venta de material pétreo. Así, investigación y explotación han estado estrechamente vinculadas desde hace más de 40 años y continúan estándolo hasta la actualidad. La cantera enfrenta varios retos para su conservación. La minería es sin duda la actividad que más la vulnera, ya que si bien permite la recuperación de numerosos fósiles, los trabajos intrínsecos realizados destruyen irreversiblemente su registro rocoso. Es fundamental planificar y promover mejores prácticas para su explotación y la de su entorno, de tal modo que este importante registro geológico sea preservado para la formación de futuros profesionistas en ciencias de la Tierra, el disfrute de las generaciones venideras y como eje de desarrollo sostenible para los pobladores de la Mixteca poblana. Por lo anterior, la cantera Tlayúa ha sido recientemente nominada en el marco de la primera convocatoria de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, para la denominación de los primeros 100 sitios del patrimonio geológico mundial.

SE08-6

PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO, QUERÉTARO, MÉXICO

Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús¹ y Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM-Juquila
ger@geociencias.unam.mx

El proyecto de geoparque mundial UNESCO Triángulo Sagrado es un área de patrimonio geológico, biodiversidad y riqueza cultural, unificado por sus atractivos naturales únicas en el mundo, donde los sitios de interés y paisajes se promueven a través de educación, geoturismo y desarrollo sustentable. Se ubica en el Estado de Querétaro y abarca 5,330 km² con 9 municipios (Querétaro, El Marqués, Pedro Escobedo, Toluimán, Ezequiel Montes, Colón, Tequisquiapan, Cadereyta y San Joaquín). Fue inscrito en la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO en noviembre del 2019, y actualmente tiene categoría de Proyecto (<http://www.redgeolac.org/#portfolio>), el cual es coordinado desde el Centro de Geociencias, UNAM-Juquila. Participan varias instituciones académicas, gobiernos locales y estatales, comunidades de los sitios de interés, empresarios, clubes de astronomía, entre otros, con la valiosa colaboración de estudiantes realizando tesis y/o servicio social. El proyecto es tema de un Taller de Investigación de la carrera de Ciencias de la Tierra en la ENES-UNAM-Juquila que trata sobre geodiversidad, patrimonio geológico y geoparques. El geoparque incluye 8 áreas principales, Educación, Geodiversidad, Geoconservación, Geoturismo y desarrollo sustentable, Cultura (historia y tradiciones), Biodiversidad, Cosmovisión de pueblos originarios y Astronomía. Las principales actividades se basan en los 8 temas mencionados; por ejemplo, senderismo y eco-turismo, patrimonio geológico y de biodiversidad, patrimonio cultural, tradiciones, y festividades, sitios arqueológicos e históricos, observación de cielos nocturnos y astronomía, cosmovisión de pueblos originarios, rutas turísticas y pueblos mágicos, información científica y geoturística de los sitios, guías locales capacitados, fomentar desarrollo sustentable en comunidades, talleres, charlas, eventos de información, divulgación y concientización sobre preservación del patrimonio natural y cultural. Se han definido 53 sitios de interés y varias geozonas, documentando geología, geodiversidad y sitios de patrimonio geológico, así como la riqueza cultural y de biodiversidad de los sitios. Se cuenta ya con el mapa geológico del geoparque, base de datos de geozonas y sitios de interés, mapas geológicos de los geositos, y está en proceso la valoración de los sitios por su interés científico, educativo, cultural y turístico. Se encuentran en proceso varias metas a realizarse, como la señalética, folletos y trípticos informativos, capacitación de guías locales, y vinculación con las comunidades de los sitios de interés. Nuestro sitio web: <https://tells.geociencias.unam.mx/index.php/geoparque-queretaro/> Financiado por PAPIIME PE102822, Beca Asistente SNI3 1035886 a GVVA.

SE08-7

EL TRIÁNGULO SAGRADO DE QUERÉTARO: REPRESENTANTE DE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD DE UN PROYECTO DE GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO.

Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica¹ y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús²

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM-Juquila

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
geraldinevazal@ciencias.unam.mx

El patrimonio geológico se entiende como los elementos de origen geológico que poseen un valor científico, didáctico, cultural y/o turístico que es necesario transmitir y preservar a las futuras generaciones. Geodiversidad se refiere a la variedad de elementos geológicos, ya sea unidades litoestratigráficas, geoformas, estructuras, paisaje, suelos (entre otros). Ambas geodiversidad y patrimonio geológico son gestionadas integrando los conceptos de educación, protección y divulgación. El Triángulo Sagrado se ubica en el Estado de Querétaro y conforma el Valle Sagrado de la cultura Otomí-Chichimeca, que tiene como vértices a la Peña de Bernal al sur volcán El Zamorano al poniente, y Cerro El Frontón al oriente. Se encuentra en la intersección de las provincias geológicas Sierra Madre Oriental (cordillera plegada del Mesozoico), Sierra Madre Occidental (vulcanismo del Terciario medio), y el Cinturón Volcánico Mexicano (vulcanismo del Neógeno-Cuaternario). Los vértices del triángulo se definen como geozonas del proyecto del geoparque. La geozona de Cerro El Frontón contiene las rocas más antiguas del geoparque representadas por areniscas marinas triásicas de tiempos de Pangea (240 Ma), y está coronado por un domo dacítico del Mioceno medio; la geozona volcán El Zamorano, estratovolcán andesítico de 11-10 Ma sobre ignimbritas oligocenas, es la montaña más elevada del estado (3280 msnm); la geozona Peña de Bernal es un domo dacítico tipo espina de 8.7 Ma emplazado entre calizas y lutitas marinas del Jurásico-Cretácico. La Peña de Bernal ha sido declarada Monumento Natural del Estado de Querétaro y patrimonio cultural inmaterial UNESCO desde el 2009, por su relevancia cultural y las tradiciones de los pueblos originarios de Querétaro. Los sitios del Triángulo Sagrado representan piezas clave para comprender la diversidad geológica del territorio en conexión con el patrimonio natural, cultural e intangible. Las condiciones abióticas generadas por la geomorfología dan origen y condicionan a los diversos ecosistemas, suelos, flora y fauna que se encuentran en los tres vértices presentando un entorno geodiverso, biodiverso y con riqueza cultural por sus múltiples festividades y tradiciones que forman parte del patrimonio cultural e

intangible en conexión con el patrimonio geológico de la región. Financiado por PAPIME PE102822, Beca Asistente SNI3 1035886 a GVVA.

SE08-8

GEOLÓGIA DE LOS VOLCANES CHICHIMEQUILLAS Y LA JOYA, QUERÉTARO: GEOZONAS DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO

Pielli-Espinosa Franco¹ y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús²

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM-Juriquilla

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

francopielli108@ciencias.unam.mx

Chichimequillas y La Joya son dos estratovolcanes que se ubican al norte de la Ciudad de Querétaro en los municipios de Querétaro y El Marqués. Representan dos geozonas del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado. Por su paisaje geológico y los ecosistemas desarrollados en estos volcanes, son sitios idóneos para el ecoturismo y geoturismo mediante senderismo y campismo. La Joya ya incluye un parque ecoturístico en su cima, declarada área natural protegida. El volcán La Joya ya cuenta estudios geológicos (Valdez-Moreno et al., 1998 RMCG), pero es necesaria una revisión actualizada, y poco se sabía del volcán Chichimequillas que nunca había sido estudiado, salvo una mención en un capítulo de libro (Aguirre-Díaz, 2008 CONCYTEQ). Por lo que una investigación geológica de ambos volcanes era necesaria para incluirlos como geozonas del geoparque. Estos volcanes se ubican en la zona norte-central más antigua del Cinturón Volcánico Mexicano, La Joya con edades de 10-11 Ma y compuesto principalmente de lavas andesíticas-dacíticas y depósitos de flujos de bloques y cenizas, cuya principal característica es un amplio "cráter" de 3x5 km, que en realidad es un circo de erosión desarrollado a partir del cráter original. Chichimequillas es más antiguo, con aproximadamente 12 Ma, y por su antigüedad y erosión no muestra una clara morfología de estratovolcán. Se compone principalmente de lavas andesíticas con un domo intracráter también andesítico. El volcán cubre a ignimbritas silíceas del Oligoceno de la provincia geológica Sierra Madre Occidental. Cada volcán incluye diferentes lugares para ser catalogados como sitios de interés científico, educativo y turístico. Al parecer, Chichimequillas representa el estratovolcán más antiguo del Cinturón Volcánico Mexicano hasta ahora reportado, lo que es relevante para conocer las características geológicas y geoquímicas en el inicio de esta provincia volcánica, por lo que podría ser considerado como un sitio de patrimonio geológico. Financiado por el proyecto UNAM-DGAPA-PAPIME PE102822.

SE08-9

LA CALDERA DE AMAZCALA, QUERÉTARO: GEOZONA VOLCÁNICA HIPERALCALINA DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO

Carrasco-Vega Yessica Viridiana¹ y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús²

¹Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

yessicavcv@ciencias.unam.mx

La Caldera de Amazcala se localiza a 30 km al NE de la ciudad de Querétaro, México. Ubicada a 480 km de la Trinchera Mesoamericana es la caldera más septentrional del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). Su extensión abarca una geozona del proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado con interés científico, educativo y geoturístico. La caldera estuvo activa de 7.3 a 6.6 Ma y tiene un diámetro de 11x14 km (Aguirre-Díaz y López-Martínez, 2001, JVGR), siendo la caldera más antigua reportada del CVM. Las unidades litoestratigráficas pre-caldera incluyen ignimbritas y domos riolíticos oligocenos de la provincia Sierra Madre Occidental, y domos dacítico-riolíticos y lavas andesíticas del Mioceno medio en la periferia de la caldera. Las unidades asociadas a la caldera incluyen a gruesos paquetes de pómez de caída llamada Pómez Ezequiel Montes, la ignimbrita Colón (evento del colapso de caldera), domos del anillo con bandas de obsidiana, y domos intracaldera con autobrechas del caparazón con obsidiana. Las unidades post-caldera incluyen lavas de andesitas básicas de volcanes de la periferia de 5.6-4.0 Ma. Todos los productos de la caldera son de composición riolítica hiperalcalina, específicamente comenditas, enriquecidos en elementos de alto campo de esfuerzos (HFSE), actínidos (U, Th), tierras raras (excepto Eu) y los del grupo alcalino, y por lo tanto son productos anómalos a un ambiente tectónico de subducción de margen continental (Aguirre-Díaz y Morton-Bermea, 2018 BollG). La base de datos químicos compilada en este estudio, y los patrones geoquímicos de estos datos en gráficas de clasificación y tendencias, muestran que las comenditas de Amazcala son comparables a comenditas de otras calderas en el mundo ubicadas en diferentes regímenes tectónicos, en particular zonas de rift continental. Las características geológicas y geoquímicas especiales de la caldera de Amazcala la convierten en una geozona con sitios de interés científico y educativo. Por otro lado, también incluye sitios con valor turístico-cultural dentro de la caldera y en sus alrededores, como los magueyales y la elaboración tradicional y degustación de pulque artesanal, y viñedos con sus respectivas bodegas, algunas de las cuales son antiguas haciendas restauradas de los siglos 18 y 19, donde se puede degustar el vino local. Financiado por el proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE102822.

SE08-10

GEOPARQUE ASPIRANTE MUNDIAL UNESCO HUASTECA POTOSINA. GEOPATRIMONIO Y GEOTURISMO

Suárez Rodríguez Irma Brígida¹, Gaitán Morán Javier², Barboza Gudíño José Rafael¹, Meraz Acevedo Griselda¹, Turrubiates Flores Héctor Omar¹, Suárez Rodríguez Carmen del Pilar¹, Gutiérrez Hernández Alejandro¹ y Arcos Moreno Sergio¹

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

irma.suarez@uaslp.mx

La Huasteca Potosina es considerada la segunda región en importancia en el estado de San Luis Potosí, México, desde el punto de vista socioeconómico. Se distingue por su importante herencia geológica, por sus bellos paisajes y exuberante vegetación, variada fauna, inmensos sótanos, cavernas, cascadas, ríos, cañones; por sus vestigios arqueológicos y la grandeza de sus etnias, que conservan aún múltiples manifestaciones ancestrales y que son hablantes de lenguas indígenas (náhuatl, tenek y xi'ú). Las principales actividades económicas se sustentan en la agricultura con cultivos de caña de azúcar, café y cítricos, la ganadería y el turismo. Desafortunadamente es un territorio que aún presenta condiciones de alta y muy alta marginación social, sin embargo, cuenta con un amplio potencial para desarrollar proyectos pertinentes de turismo que permitan impulsar nuevas rutas, implementar y fortalecer la infraestructura en los territorios con poblaciones rurales e indígenas y diseñar estrategias más contundentes para un desarrollo responsable, principalmente a través del geoturismo. En este sentido, con el liderazgo de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se ha venido trabajando para que seis municipios de la huasteca potosina (Aquismón, Ciudad Valles, Ebanó, Tamuín, Huehuetlán y Tamasopo) alcancen la denominación como Geoparque Mundial de la UNESCO, bajo una propuesta de gestión que promueve una nueva visión del entorno y la atención a diversas problemáticas que se han detectado, tales como la alta concentración de la oferta de servicios turísticos en los sitios ancla, el aún escaso aprovechamiento del potencial del geopatrimonio para uso turístico, comunidades que no se benefician del sector, escasa rentabilidad, estadias cortas, áreas marginadas, bajo número de empresas comunitarias con capacidades empresariales y una deficiente planificación y visión institucional. El análisis realizado en la región y tomando como referencia la experiencia que otros Geoparques han tenido en este sentido, determina la necesidad de generar nuevas propuestas de actividades turísticas relacionadas con la geodiversidad, reforzando la identidad y el bienestar de sus residentes, bajo una estrategia de desarrollo territorial sostenible basado en la educación y el turismo. El territorio que comprende el proyecto presenta un potencial importante para el desarrollo de actividades de geoturismo, en miras de un turismo sostenible centrado en destacar el patrimonio geológico, la geodiversidad, la biodiversidad, la historia y la cultura de la huasteca potosina, que represente una oportunidad para la dinamización de la economía y el desarrollo sustentable para las comunidades locales. Se trabaja sobre una base de Cogestión que incluye el apoyo de la función pública, privada, las asociaciones civiles y las comunidades tanto urbanas como rurales e indígenas, así como de las instituciones educativas y medios de comunicación que colaboran con propuestas y acciones tendientes a la conservación y divulgación de los sitios patrimoniales, determinando los mecanismos de evaluación para evidenciar los resultados. Se ha buscado establecer una forma de trabajo de cooperación entre los seis municipios que conforman el Geoparque, en miras de mejorar la calidad y diversificar la oferta turística bajo una visión holística del territorio y sobre una base planeación y estructura.

SE08-11

MÉXICO, PAÍS MEGA(GEO)DIVERSO — ENSEÑANZAS DEL GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO COMARCA MINERA, HIDALGO

Canet Carles¹, Salgado Erika¹, Cruz Miguel A.¹, Miroso Jorge A.², García Leticia A.³, Morelos Lucero¹ y Mora Juan Carlos¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

ccanet@igeofisica.unam.mx

Con un extenso territorio en el que interactúan cinco placas tectónicas, México es el escenario privilegiado de sismos, volcanes activos y sistemas hidrotermales. El proceso de subducción, que ha ocurrido de manera continuada al menos desde el Jurásico Temprano, ha dado lugar, además, a una compleja acreción de terrenos tectonoestratigráficos de distinta naturaleza y edad, dotados de una extraordinaria riqueza minera. También ha originado un relieve vigoroso y abrupto, definiendo cinturones orogénicos con distintos estilos de deformación. Mayoritariamente tropical y subtropical, México presenta zonas climáticas muy contrastantes que, combinadas con litologías también muy diversas, dan lugar a una amplia gama de tipos de suelos y formas de relieve. Deben tomarse en cuenta, asimismo, las óptimas condiciones de afloramiento de las rocas en las regiones áridas y semiáridas #cubren más del 50% del territorio nacional#, que exponen con esplendor la riqueza y complejidad geológica del país. Por otra parte, México ha sido el escenario de investigaciones geológicas modernas desde al menos hace dos siglos, las cuales iniciaron en instituciones académicas pioneras en el continente, como el Seminario de Minería (fundado en 1792), con importantes contribuciones de

exploradores y sabios extranjeros como Alexander Von Humboldt (1769–1859) o Joseph Burkart (1798–1870), y figuras sobresalientes y muy influyentes de geólogos mexicanos como Antonio del Castillo (1820–1895), José Guadalupe Aguilera Serrano (1857–1941) y Ezequiel Ordóñez (1867–1951). Las cualidades mencionadas del territorio mexicano pueden tomarse como factores intrínsecos (características físicas) que, aunados a los extrínsecos (conocimiento geocientífico; promoción y conservación del patrimonio geológico), contribuyen a la geodiversidad del país. Por ello, sin la necesidad a priori de realizar inventarios sistemáticos o estudios cuantitativos, podemos afirmar que México es un país megadiverso. Por su parte, la consolidación del Geoparque Mundial de la UNESCO «Comarca Minera», Hidalgo, y la comunicación y divulgación de su patrimonio geológico excepcional nos han enseñado que hay enormes retos en lo que refiere a la gestión y conservación de la rica geodiversidad mexicana.

SE08-12

CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y PROMOCIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN EL PIRINEO CATALÁN (NE ESPAÑA)

Martí Joan¹ y Planagumà Llorenç²¹Geociencias, CSIC Barcelona, España²Tosca S.L., Serveis Educatius, Olot, España

joanmartimolist@gmail.com

Tomando como ejemplo diversas áreas con distintos niveles de Protección, como son el Parque Nacional de Aiguestortes-San Maurici, el Parque Natural del Cadi Moixerò, la zona de las Mines de Malpàs o el Parque Natural del Alto Pirineo, y concentrándonos en uno de los episodios geológicos más importantes que se pueden observar en el interior de la cordillera pirenaica, el magmatismo Permo-Carbonífero, el cual se encuentra magníficamente representado y conservado en estas zonas, en este estudio se pretende remarcar la importancia y necesidad de la conservación, protección y promoción del patrimonio geológico en esta zona, para la promoción de un turismo de naturaleza sostenible en esta región. Esta propuesta tiene importantes implicaciones sociales y económicas, ya que redundan directamente en el desarrollo económico y bienestar de zonas rurales fuertemente afectadas por la migración de población hacia ciudades más grandes. El presente estudio está enfocado a potenciar la conservación, protección y promoción del patrimonio geológico del Pirineo Catalán, a través de un enfoque específico para la mejora significativa de su conocimiento y el desarrollo de herramientas y protocolos para una difusión efectiva de estos valores geológicos y para la preservación de este patrimonio natural dentro de un desarrollo sostenible basado en la concienciación de las personas que viven y visitan estas zonas sobre las riquezas naturales únicas que contienen. Este estudio ha sido parcialmente financiado por el proyecto MACIN (MICINN PID 2020-114273GB-C21).

SE08-13 CARTEL

GEOLOGÍA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO EL OCOTE, AGUASCALIENTES

Rojas Beltrán Marco Antonio y Monreal Méndez Cynthia Hazel

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

marco.beltran@uaslp.mx

La zona arqueológica de El Ocote, es el sitio con más trabajos arqueológicos en el Estado de Aguascalientes, y es el más emblemático de la entidad; sin embargo, el aspecto geológico aún no ha sido descrito adecuadamente. Este trabajo se reportan los resultados de cartografía geológica y estratigrafía volcánica llevado a cabo durante cinco temporadas de campo. Se define la cartografía en escala 1:10 000, donde se delimita a las unidades volcánicas que afloran en el lugar. También se realizó una columna estratigráfica compuesta de dos unidades volcánicas diferenciadas: 1) Unidad de depósitos piroclásticos de caída con intercalaciones de brechas piroclásticas, y 2) Ignimbrita masiva, soldada. En la unidad de las ignimbritas es donde está emplazado el sitio arqueológico del Ocote. La ignimbrita es una roca volcánica, masiva, de textura vitrofírica-porfírica, con fenocristales de sanidino, cuarzo y biotita, abundante pómez colapsada en una matriz vítrea. Entre las principales características observadas en la unidad de ignimbrita, es el fracturamiento columnar y planar. Ambas características fueron ampliamente aprovechadas por las sociedades prehispánicas. Así, para el fracturamiento columnar, es donde se forman paneles que fueron utilizados como lienzos para elaborar pinturas rupestres. En cuanto al fracturamiento horizontal, se aprovecharon para optimizar su uso en terrazas, muros y escalones. Se realizó la correlación entre las características petrográficas de los desechos de artefactos arqueológicos, comparándolas con las rocas circundantes: riolitas, ignimbritas y tobas; encontrándose que la lítica tallada presente en el sitio arqueológico, corresponde con los fragmentos líticos que conforman la brecha piroclástica. Así en este trabajo, se describe la correspondencia entre las fuentes de materia prima, con los vestigios arqueológicos y con los desechos de artefactos, estableciendo la relación arqueología-geología. Palabras clave: Brecha piroclástica, Geoarqueología, Estratigrafía volcánica, Ignimbrita, Lítica tallada, Petrografía

SE08-14 CARTEL

GEOTURISMO Y GEODIVULGACIÓN EN EL SENDERO "EL CAPITÁN" MUNICIPIOS DE ARMADILLO DE LOS INFANTE Y CERRO DE SAN PEDRO, SAN LUIS POTOSÍ

Gómez Ramírez Mariana¹, Covarrubias Mascorro Amaury², Rojas Beltrán Marco Antonio¹, Toulouse Benoît³ y Espinosa Velázquez Alfredo Apolo¹¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP²Negociación Minera Santa María de la Paz y Anexas³Université Paris 13

pennylane196873@gmail.com

En San Luis Potosí, recientemente y raíz de la pandemia por el virus COVID-SARS se ha dado un fuerte impulso a la creación de rutas turísticas en el entorno natural para ofertar un turismo de aventura que aproveche el paisaje y permita la convivencia segura de las personas. Algunos ejemplos en el Estado, que desarrollan este concepto de senderos, incluyen: Joya Honda en Soledad de Graciano Sánchez; La Ventana en la Sierra de San Miguelito; La Sierra de Álvarez, en los municipios de Villa de Zaragoza y San Nicolás Tolentino; y el Sendero del Capitán, que une los municipios de Cerro de San Pedro con Armadillo de los Infantes. El objetivo de este trabajo es valorar el patrimonio geológico que se puede observar en el Sendero del Capitán; ya que el aspecto del geopatrimonio, es un recurso que no está contemplado en los planes de desarrollo turístico y puede ofrecer una visión diferente y enriquecedora de los recorridos. Para lograr esto, se elaboraron fichas de trabajo con la descripción de los sitios de interés geológico potenciales. Para determinar los puntos de interés geológico se realizó un recorrido del sendero y se llevó un registro de cada sitio. El transecto del Sendero del Capitán inicia en Cerro de San Pedro y termina en Armadillo de los Infantes, es un circuito lineal, que atraviesa ocho unidades litológicas; incluyendo cuatro unidades de rocas sedimentarias: calizas, lutitas, areniscas y brechas oligomíticas, cuatro unidades de rocas ígneas: pórfido riolítico, basalto, ignimbrita y traquita; así como depósitos recientes de gravas, arenas y aluviones. El rango cronoestratigráfico abarca desde del Cretácico Inferior hasta el Cuaternario. Para cada sitio propuesto, se elaboraron fichas de caracterización, en las cuales, se encuentra información como: número del sitio, coordenadas, elevación respecto al nivel del mar, interés del lugar y afectación por la interacción humana. Adicionalmente, se puntualizan las características de los rasgos geológicos, geomorfológicos, paisajísticos y educativos, así como fotografías para su reconocimiento en campo y su uso como material pedagógico. Entre los trabajos a futuro a realizar están el realizar trípticos o dípticos informativos para cada uno de los puntos de interés geológico, que sirvan para promocionar y aprender aspectos básicos de las geociencias y que puedan ser aprovechados no solo por el público especializado, sino también por turistas en general, y así hacer divulgación sobre el geoturismo y las geociencias para todas las edades. Palabras clave: Geodiversidad, Geopatrimonio, Geoturismo, Sendero del Capitán, Sitio de interés geológico

Sesión especial

AVANCES RECIENTES EN MODELACIÓN NUMÉRICA, EXPERIMENTAL O ESTADÍSTICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA EÓLICA Y ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS

Organizadores

Alejandro Arias

Vanesa Magar

Osvaldo Rodríguez Hernández

Diego Arturo Canul Reyes

SE09-1

ATLAS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE CORRIENTES MARINAS EN MARES MEXICANOS

Mateos Efrain y Santana Julio Sergio

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

efrain_mateos@tlaloc.imta.mx

El trabajo es acerca de un atlas interactivo donde se muestran las corrientes y la densidad de potencia de los mares mexicanos. Esto es con la finalidad de que los usuarios puedan identificar, como una primera aproximación, sitios potenciales para el aprovechamiento de las corrientes marinas, en las costas mexicanas, como fuente de energía. La creación del atlas del potencial energético en los mares mexicanos requirió de equipos de trabajo que realizaran actividades de campo oceanográfico, modelación numérica, sistemas computacionales y un estudio socio-económico. Los resultados exhibidos en el atlas, se generan por medio de simulaciones hechas con el modelador numérico ROMS y ellos, junto con consideraciones técnicas y financieras son también la base para determinar la factibilidad económica para aprovechar la energía de los océanos. El ROMS es un modelo numérico oceánico que fue desarrollado por la Universidad de California en los Ángeles (UCLA), la Universidad de Rutgers y el Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD). Mediante el ROMS se simuló 25 años del Atlántico mexicano y 16 años del Pacífico mexicano. Se impusieron como condiciones de frontera en la superficie del modelo, al esfuerzo del viento, los datos provenientes del MERRA2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, versión 2), y flujos de calor, provenientes del COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set). En las fronteras abiertas, se impusieron campos de temperatura, salinidad y velocidad de datos provenientes del SODA3 (Simple Ocean Data Assimilation versión 3). Para las condiciones de frontera anteriormente mencionadas, se construyeron climatologías de 35 años (1980-2015) para cada una de las variables. En los forzamientos de la frontera abierta, se incluyeron 10 constituyentes de la marea, velocidad barotrópica y elevación, provenientes del modelo TPX07. La batimetría se obtuvo a partir de la base de datos GEBCO, General Bathymetric Chart of the Oceans.

SE09-2

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LOS TENSORES DE REYNOLDS Y LA ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTO EN UNA BAHÍA MESOMAREAL DEL PACÍFICO MEXICANO.

Arias Esquivel Victor Alejandro, Magar Vanesa, Godínez Víctor, Bermúdez Anahí y Gross Markus

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

alexarias7114@gmail.com

La turbulencia es relevante en la producción y disipación de energía en zonas costeras. Sin embargo, el estudio de la estructura de la turbulencia bajo diferentes características de forzamiento es limitado. Los estudios se enfocan en regiones con forzamiento de mareas aunque estos ambientes son escasos. Para entender cómo utilizar la energía de marea en ambientes mesomareales se requiere de la caracterización de los procesos turbulentos. El campo del flujo medio y la turbulencia en una bahía mesomareal es analizado usando información de oleaje, mareas y viento de marzo a abril de 2019. Los datos de oleaje y corrientes fueron obtenidos con un ADCP instalado en la Bahía Todos Santos. Se estimaron los tensores de Reynolds, la energía cinética turbulenta (TKE), y la tasa de anisotropía. Se aplicó el método de la varianza para calcular los estadísticos de turbulencia y se aplicaron

códigos Python para procesar los datos y calcular los parámetros de turbulencia. El intervalo de muestreo de #694 hrs corresponde a los días del año 85 al 114 en las series de tiempo. El rango promedio de H_s , T_p , y D_p corresponde a 0.87 m (0.37-2.24 m), 11.1 s (3.3-18.3 s), y 269 grados (239-311 grados). Los perfiles de TKE promedio tienen intensidades bajas cerca del fondo que se incrementan hacia la superficie. La TKE promedio es $10.1 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ con un rango promedio de #2.44 mab a #9.64 mab de 7 a $14.6 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$. Los perfiles de profundidad promedio de TKE van de 0.3 a $63.2 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$. La tasa de anisotropía se caracteriza por valores anisotrópicos cerca del fondo e isotropía cerca de la superficie. El promedio de la tasa de anisotropía es de 0.30 con un rango promedio de #2.44 mab a #9.64 mab de 0.19 to 0.46. Los perfiles de profundidad promedio de anisotropía van de 0.10 a 0.62. La velocidad de corriente promedio se incrementa del fondo a la superficie con una velocidad promedio por profundidad de 0.065 ms^{-1} a 0.089 ms^{-1} del fondo a la superficie. Las corrientes son esencialmente dominadas por las mareas con efecto del oleaje y el viento en el flujo de las capas superficiales. Se calcularon los tensores de Reynolds u'^2 , v'^2 , w'^2 , $u'w'$, and $v'w'$, donde u' (v') corresponde a la velocidad zonal (meridional) y w' a la velocidad vertical, respectivamente. Los resultados muestran que u'^2 , v'^2 , w'^2 , and $u'w'$ ($v'w'$) aumentan (disminuyen) del fondo hacia la superficie. Los tensores de Reynolds, TKE, y anisotropía (#), indican que el oleaje tiene un efecto mínimo en estos parámetros cuando $H_s < 0.7 \text{ m}$. Los procesos turbulentos son evidentes cuando la intensidad de las corrientes es menor (mareas muertas) y es claro que la componente v y el tensor de Reynolds v'^2 son predominantes, asociados a la corriente de marea costera a lo largo del Estero de Punta Banda.

SE09-3

ESTADÍSTICOS DE LOS ERRORES DEL PRONÓSTICO Y RECONSTRUCCIÓN DE VIENTOS EN LA RUMOROSA, B.C.

López-Villalobos Carlos, Romero-Centeno Rosario y Zavala Hidalgo Jorge

ICAYCC - UNAM

calovi@atmosfera.unam.mx

Las fuentes de energía renovables, especialmente las turbinas eólicas, se consideran importantes alternativas de generación en los sistemas de energía eléctrica debido a su naturaleza renovable. El hecho de que la penetración de la energía eólica continúe aumentando ha motivado la necesidad de desarrollar metodologías de aplicación más amplia, especialmente en el área de pronóstico de energía, que permitan evaluar los beneficios reales de agregar generación de energía eólica en los sistemas de generación convencionales. Para este propósito, se analizaron datos de rapidez del viento de un parque eólico ubicado en La Rumorosa, B.C., del año 2015, identificando las diferentes escalas de variabilidad y evaluando diferentes reconstrucciones numéricas, utilizando los reanálisis NCEP-FNL y ERA5 y el modelo atmosférico Weather Research and Forecasting. Para los cálculos se usa un método multivariado lineal y se evalúan diferentes estadísticos, como el error cuadrático medio, error absoluto, coeficiente de correlación, entre otros. Las observaciones se dividen en diferentes segmentos, uno de entrenamiento y otro de evaluación. Los resultados se analizan separando diferentes frecuencias para, de esa manera, mejorar las reconstrucciones.

SE09-4

VÓRTICES HELICOIDALES EN LA ESTELA DE UNA TURBINA EÓLICA Y SU RELACIÓN CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Espinosa Ramírez Alejandro Camilo y Velasco Fuentes Oscar
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
acer1589@gmail.com

La necesidad de entender los fenómenos físicos que ocurren en la estela de una turbina eólica se ha evidenciado en las últimas dos décadas ya que para mantener una eficiencia energética alta, la estela se debe considerar en el diseño de parques eólicos. Uno de los fenómenos dominantes en la estela, son los vórtices helicoidales, de los cuales se sigue investigando su interacción, inestabilidad y relación con la energía cinética remanente en la estela. En este trabajo, estudiamos a la estela detrás de una turbina eólica de dos aspas, la cual se caracteriza por presentar vórtices helicoidales. Utilizamos un modelo numérico que se basa en la aproximación de Rosenhead-Moore de la ley de Biot-Savart para simular la generación y desprendimiento de remolinos detrás de la turbina. La inestabilidad y evolución de los remolinos helicoidales en la estela, afectan el rendimiento de un parque eólico, aunque esta relación entre energía y remolinos no es completamente comprendida en la actualidad. Determinamos que la posición de la inestabilidad de los remolinos cambia con la intensidad de la turbulencia en el viento que llega a la turbina. Además, la eficiencia de una segunda turbina en la estela depende de su posición relativa con esta inestabilidad de los remolinos. Nuestro trabajo sugiere que lo importante entre dos turbinas en fila no es la distancia entre ellas, sino la distancia entre la segunda turbina y la zona donde los vórtices helicoidales se desestabilizan.

SE09-5

EFFECTS OF OROGRAPHY AND SURFACE ROUGHNESS VARIATIONS, AND EFFECT OF A DEEP NEURAL NETWORK REGRESSION, ON WIND SPEED PREDICTIONS AT LA RUMOROSA, MEXICO.

Gross Markus¹, Magar Vanesa¹ y Peña Alfredo²

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

²DTU Wind and Energy Systems, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark
vmagar@cicese.mx

Wind speed predictions are essential for the characterization of wind energy sites, as well as for the development and operation of wind energy projects. Although the precision of the wind velocity fields can be improved by increasing the Spatio-temporal resolution of the numerical weather prediction models, one quickly reaches a point where no further improvements can be made by simply increasing the resolution. That is, the models just get more costly, but do not necessarily generate better data. On the other hand, boundary conditions such as orography and bottom roughness, which are linked to wind drag in the planetary boundary layer region of relevance for wind energy, have an important effect on wind speed. In this work, we evaluate the effect of orography and bottom roughness on wind speed predictions, by setting up a number of experiments with synthetic and controlled variations of orography and bottom roughness using a WRF with a 1.6km grid cell size, corresponding to medium resolution. We also apply a deep neural network regression (DNNR) model to correct WRF model outputs to site-specific characteristics at low (LR) and high (HR) resolutions of 6.6km and 185m, respectively. Model performance is assessed by comparing the model outputs against observations at the M01 met station 80m above ground level, for a few weeks of 2018. M01, located in La Rumorosa, Baja California, Mexico, was installed in 2017 as part of the Mexican Wind Atlas project. The orography and bottom roughness sensitivity analyses are based on several statistical indicators, and the machine learning model skill is assessed with the Shapley (SHAP) additive explanations value analysis. The SHAP analysis shows that the surface temperature plays an important role and that the LR model combined with DNNR is as good as the HR model when compared to observations and persistence. Future research will include wind speed sensitivity to the surface radiation parametrization.

SE09-6

INFLUENCIA DE DATOS TOPOGRÁFICOS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN EL MODELO WRF PARA LA ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO EN ZONAS COSTERAS Y MARINAS

Meza Carreto Jaime y Romero-Centeno Rosario
ICAYCC - UNAM
jjmeza@atmosfera.unam.mx

Con base en 38 años de información de un modelo numérico climático regional (WRF) con alta resolución espacial (10 kilómetros) y vertical (50 niveles), se identificó que en México existen regiones costeras y costa afuera con un potencial eólico de moderado a bueno (300-500 W/m²) de acuerdo a su promedio anual. Estas áreas corresponden a la zona costera y marítima de Tamaulipas, de Yucatán y norte de Campeche, y en el Golfo e Istmo de Tehuantepec. Las variaciones mensuales muestran un mayor recurso eólico para ciertos meses, con valores que podrían clasificarse como buenos a excelentes (400-600 W/m²), especialmente en el Golfo

de Tehuantepec. Adicionalmente, se han generado simulaciones numéricas para el año 2018 con mayor resolución espacial (3 km) en un dominio que incluye las zonas de alto potencial identificadas. Se generaron dos simulaciones con distintas configuraciones con el modelo WRF, una que considera datos topográficos de muy alta resolución espacial (30 metros) y otra que considera datos topográficos predeterminados en el modelo WRF (1 km de resolución espacial), con el objetivo de identificar el impacto de este tipo de datos en la estimación del campo de vientos en zonas de alto potencial eólico.

SE09-7

ANÁLISIS DE PRONÓSTICO A CORTO PLAZO DE VELOCIDAD DE VIENTO Y FACTOR DE PLANTA EN EL SURESTE DE MÉXICO

Hernández Yepes José Gustavo, Vignau Manjarrez Pablo y Rodríguez Hernández Osvaldo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
heyej@ier.unam.mx

Dentro de los retos actuales para la penetración de la energía eólica de forma masiva en el mercado eléctrico mayorista se encuentra la variabilidad del viento y su producción de potencia asociada. En el marco del mercado de energía a corto plazo y frente a esta problemática este trabajo explora la capacidad del modelo meteorológico WRF para pronosticar velocidad del viento y factor de planta en el sureste de México. Las simulaciones son llevadas a cabo para pronosticar 24 horas adelante con datos horarios utilizando una malla numérica de alta resolución de 3 km y el pronóstico de Global Forecast System como condiciones iniciales y de frontera. Los resultados de este trabajo se presentan a través de un análisis de correlación e índices estadísticos de error utilizando un año de mediciones de velocidad de viento y de factor de planta.

SE09-8

COMPLEMENTARIEDAD DEL RECURSO EÓLICO MARINO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Canul Reyes Diego Arturo y Rodríguez Hernández Osvaldo
Instituto de Energías Renovables, UNAM
dacr@ier.unam.mx

Debido a la ubicación geográfica de México, el país se considera como un mercado potencial futuro para el desarrollo de la energía eólica marina, estudios previos muestran la factibilidad principalmente en el Golfo de México. Utilizando información de 39 años del reanálisis ERA5, de 1979 a 2018, y evaluando el factor de planta en una turbina de 10 MW con una altura de rotor de 119 m, se identifican zonas potenciales para la energía eólica marina en el Golfo de México con valores anuales cercanos al 50% en las costas de Yucatán y Tamaulipas. A través de un análisis estacional se encuentra que las zonas con altos valores del factor de planta cambian a lo largo del año, en invierno, los valores alrededor del 55% se encuentran en Tamaulipas, mientras que primavera, estos se encuentran en Yucatán. Considerando estas dos zonas de alta densidad es posible tener una generación continua durante 6 meses con un factor de planta del 55%.

SE09-9 CARTEL

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CORRIENTES EN LA BOCA DE LA LAGUNA DE AGIABAMPO, SONORA.

Solis Tamayo Jorge Humberto¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, López González José² y Mendez Barroso Luis²

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto Tecnológico de Sonora

jsolist@iingen.unam.mx

La caracterización de la hidrodinámica se genera con el objetivo de evaluar el potencial energético de corrientes en la boca de la Laguna de Agiabampo en cualquier punto de la boca, debido a que las corrientes se intensifican en la entrada de los cuerpos de agua costeros y considerando la densidad del agua salada respecto a cualquier otro fluido, velocidades menores son capaces de producir la misma cantidad de energía o mayor respecto a dispositivos de mayor escala, en la boca de la Laguna contamos con un equipo de medición ADCP modelo Sentinel V, a 12 metros de profundidad instalado por el ITSON, el equipo brinda los datos de elevación y velocidad necesarios para realizar un análisis puntual. La cantidad de energía que genera el fluido se puede estimar con el cubo de la velocidad, sin embargo, los registros indican que las velocidades cambian continuamente, presentando datos intermitentes y con variabilidad (Flujos y Reflujos), en la metodología se describe de forma estadística la función de distribución de Weibull, la cual es la ecuación matemática que más se ajusta al comportamiento de los datos, debido a que se requiere establecer un modelo de las frecuencias de las velocidades descrito por una función continua en vez de valores discretos, mediante la función estadística podemos obtener un rango de velocidades aprovechables, para este análisis se utilizan parte los registros de 10 meses continuos obtenidos en 2 series de tiempo, se debe contar con datos próximos a 1 año de mediciones con fines de tener incluidas todas las posibles afectaciones meteorológicas. Para caracterizar la hidrodinámica de la laguna, se utilizó el software de soporte DELFT 3D D-FLOW FM, el cual ha sido un programa de simulación hidrodinámica con buenos resultados en otros proyectos de extensión

y escala similares a la zona de estudio, se modeló mediante una malla no estructura generando batimetrías a detalle y asumiendo la forzante de marea mediante un gradiente considerando 13 componentes armónicas, posteriormente se compararon los valores obtenidos de las elevaciones y velocidades del agua en la boca con los obtenidos en el punto observación (ADCP) o punto de control obteniendo un error cuadrático medio bajo. Los resultados indican que al caracterizar la hidrodinámica se pueden obtener las velocidades medias en cualquier nodo de la malla, por lo que se puede estimar la energía de un dispositivo o en su caso un arreglo de dispositivos según sus ubicaciones; En el análisis hidrodinámico detallado se espera estimar el "efecto sombra" que se genera al colocar dispositivos, los cuales ocasionarían impactos directos e indirectos para la Laguna de Agiabampo la cual está catalogada como sitio con importancia social, comercial y ambiental.

SE09-10 CARTEL

WIND ENERGY AND THE ENERGY TRANSITION: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR MEXICO

Magar Vanesa¹, Peña Alfredo², Hahmann Andrea N.², Pacheco-Rojas Daniel A.³, García-Hernández Luis S.⁴ y Gross Markus¹

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

²DTU Wind and Energy Systems, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark

³Facultad de Economía, UNAM

⁴Independent researcher

vmagar@cicese.mx

Wind energy can be harvested at competitive costs to solve energy poverty and climate change problems that our society is facing worldwide. This paper explores the challenges and opportunities for wind energy development in Mexico. We present the current installed capacity status around the world and in Mexico and discuss the reasons why Mexico is lagging with new developments since 2020. Despite the current climate in the country, some states with high wind energy resources, such as Tamaulipas, are trying to implement the wind energy development plans drafted in the previous federal administration. We show that energy communities in Scotland have successfully implemented wind energy projects with utility-scale turbines, both for local energy consumption and energy trading. Projects of this kind may be possible in several regions in Mexico, but the economic climate needs to be able to support such initiatives. Moreover, we highlight the discrepancies between available wind energy atlases, showing that models that take into consideration microscale processes can have a relative difference of more 50% relative to products that do not consider this. Wind faces other challenges, including the effect of future climate change scenarios, grid planning, and vulnerability and risk associated with tropical storms, which below the 28° can be substantial. Long-term perspectives of wind energy research and development may include more detailed in-situ measurements, improved wind energy atlases, and the variability and effect of climate change and land-use change on wind energy resources, to name but a few.

Sesión especial

TECTÓNICA CORDILLERANA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL NOROESTE DE MÉXICO

Organizadores

Martín Valencia Moreno

Mélanie Noury

Rafael del Rio Salas

SE10-1

MAGMATISMO DEL CRETÁCICO SUPERIOR AL OLIGOCENO EN LOS LÍMITES NORTE Y ORIENTE DE LA PROVINCIA MESA CENTRAL: IMPLICACIONES EN LA DINÁMICA DE LA SUBDUCCIÓN EN LA MARGEN DEL PACÍFICO

Ortega Obregón Carlos¹, Díaz Bravo Beatriz Adriana² y Barboza Gudiño José Rafael³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²CONACYT - Cátedra³Instituto de Geología, UASLP

cortega@geociencias.unam.mx

Diferentes cuerpos plutónicos y subvolcánicos se encuentran distribuidos a lo largo de la margen norte y oriente de la Mesa Central. Estos cuerpos intrusivos son principalmente de composición que varía de cuarzo-mozonítica a cuarzo-monzodiorítica. Los datos geocronológicos obtenidos de algunas de estas unidades, así como de las previamente documentadas en la porción oriental, sugieren un empalme geográfico de un grupo de intrusivos que varían en edad del límite entre el Campaniano-Mastrichtiano al Paleoceno, y un segundo grupo que corresponde esencialmente al Oligoceno, específicamente al Rupeliano. En la porción norte, las rocas magmáticas intrusivas documentadas en este trabajo, varían en edad (U-Pb en zircones) del Cretácico Superior al Oligoceno. El análisis estadístico de las edades según la distribución geográfica muestra que al interior del continente: 1) hay una mayor cantidad de intrusivos del Cretácico Superior del que previamente se había asumido y; 2) hay una escasa y/o casi nula presencia de magmatismo del Paleoceno. Estos aspectos no soportan un modelo de migración del arco desde los ~110 Ma como previamente se ha propuesto y en este sentido y a la luz de más datos, se debe proponer modelos más acordes de la dinámica de la subducción. Según estos datos, el magmatismo al interior de continente asociado a la subducción, parece ser continuo desde el Cretácico superior y solo se ve interrumpido durante el Paleoceno, posiblemente asociado a la subducción de un plateau oceánico. El magmatismo se reactivó nuevamente durante el Eoceno y al menos hasta el Oligoceno. Por otro lado, en la margen continental, cerca de la antigua zona de subducción, el magmatismo no parece haber cesado.

SE10-2

LA REGIÓN DE CANANEA-LA CARIDAD, NORTE DE SONORA: ANÁLISIS DEL MARCO TECTÓNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LOS GRANDES PÓRFIDOS DE COBRE EN MÉXICO

Valencia Moreno Martín¹, González León Carlos¹ y Rascón Heimpel Mario Arturo²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Mexicana de Cobre, S.A. de C.V.

martin.valencia@unam.mx

La región de Cananea-La Caridad, en el norte de Sonora, hospeda los mayores depósitos de cobre de México, cuyo tamaño destaca a escala mundial con ~45 Mt de Cu contenido. Junto con la zona contigua de Arizona y New Mexico, esta región constituye una de las mayores provincias de cobre del planeta. La tectónica en esta parte de Norte América es distinta al resto de la Cordillera, especialmente porque a fines del Cretácico (~80 Ma), la zona inmediatamente al norte permaneció en condiciones de subducción plana por unos 40 Ma. Durante este tiempo, la región al sur desarrolló una geometría de subducción inusualmente favorable para generar pórfidos de cobre. La zona de Cananea-La Caridad evolucionó sobre un basamento paleoproterozoico perteneciente al terreno Mazatzal, con edades de ~1,660 Ma y dominado las secuencias anfíbolíticas del Esquisto Pinal. Esta unidad fue intrusada por granitos alcalinos con edades de ~1,440 Ma, asociados al Granito Cananea. Posteriormente, entre el Cámbrico y el Pensilvánico se depositó una secuencia de plataforma marina, con cuarcitas en la base y rocas carbonatadas en la parte superior. La actividad magmática cordillerana inició en esta zona en el Jurásico, y se caracteriza por el desarrollo de un arco en margen continental que

constituye la porción norte del arco Nazas, con edades entre 184 y 163 Ma. A finales del Jurásico, el arco magmático se movió al oeste y estuvo acoplado a una tectónica de tipo rollback que promovió el desarrollo de la cuenca Bisbee, alimentada por sedimentos marinos y no marinos hasta fines del Cretácico Temprano. Luego, el magmatismo cordillerano regresó hacia el oriente generando una intensa actividad plutónica y volcánica en esta región entre ~77 y 60 Ma. La estructura de la subducción entre ~59 y 54 Ma fue excepcionalmente favorable para una transferencia de cobre de la astenósfera a la parte superior de la corteza. Los depósitos de Cananea (~30 Mt Cu) y La Caridad (~9 Mt Cu) concentraron la mayor fracción de metales durante este pulso. Las razones por las cuales esta región, considerada la parte sur del gran clúster de los pórfidos de cobre de Norte América, se originó incluyen las siguientes. 1) El clúster estuvo limitado al norte por la región amagmática del flat slab. 2) El ángulo del slab al sur de esta zona fue ideal para que el magmatismo calcoalcalino concentrara fluidos ricos en cobre. 3) La zona de desgarre entre el flat slab y el slab productivo alimentó la zona de fusión parcial con más cobre de la astenósfera. 4) El área favorable estuvo consteñida a la región al oriente del arco jurásico y subyaciada por las rocas del basamento deformadas durante la Orogenia Mazatzal. 5) La corteza superior engrosó lo suficiente para mantener el calor del sistema magmático-hidrotermal. 6) La columna de magma que alcanzó la zona epizonal estuvo siempre conectada al plutón principal. 7) En Cananea y La Caridad, las cámaras de gas no reventaron la roca encajonante hasta haber concentrado todo el cobre.

SE10-3

MUESTREO ESTRATÉGICO Y PETROLOGÍA PARA EL ESTUDIO GEO-TERMOCRONOLÓGICO DEL PERFIL DE ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO EN EL DEPÓSITO DE BUENAVISTA DEL COBRE, SONORA, MÉXICO

Almada Gutiérrez Víctor¹, Noury Mélanie², CalmusThierry³, Barrera Moreno Edgardo⁴ y Del Rio Salas Rafael⁵¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, ERNO, IGL, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²ERNO, Instituto de Geología, UNAM³Grupo México

victoralmada8@gmail.com

El depósito de Buenavista del Cobre se ubica en el distrito minero de Cananea, Sonora que pertenece al cluster de pórfidos de cobre del suroeste de Norte América y del noroeste de México. Este depósito es el mayor productor de cobre a nivel nacional con tonelajes de 7140 Mt a 0.42% de Cu y 0.008% de Mo. La mineralización hipogénica se presenta en forma diseminada dentro de los pórfidos y en las rocas encajonantes, así como en forma de vetillas tipo stockwork en los límites de los pórfidos y hacia el contacto con las rocas encajonantes como producto del fracturamiento hidráulico. Las edades de las intrusiones porfídicas y de la mineralización asociada están constreñidas entre 61.3 y 58.9 Ma (U-Pb en zircones) y 59.2 ± 0.3 y 59.3 ± 0.3 (Re-Os en molibdenita), respectivamente. El depósito de Buenavista del Cobre se caracteriza también por una mineralización supergénica, la cual consiste en una zona enriquecida con calcocita secundaria reemplazando totalmente o parcialmente a los sulfuros preexistentes. Esta zona es la región económicamente más importante del distrito minero, cubre un área aproximada de 15 km² y alcanza un espesor de hasta 500 m en algunas áreas. Este importante espesor del enriquecimiento supergénico sugiere que más de una etapa o ciclo de enriquecimiento ocurrieron durante la exhumación del depósito. Sin embargo, no se cuenta con un registro geocronológico de los procesos supergénicos que actuaron para formar dicho enriquecimiento. El presente trabajo se basa en las descripciones y observaciones realizadas durante el trabajo de campo y en un muestreo estratégico de las diferentes zonas del perfil supergénico (capote lixiviado, zona de enriquecimiento y zona hipogénica) con el fin de realizar un estudio geo-termocronológico detallado de los procesos hipogénicos y supergénicos que actuaron durante la formación y exhumación del sistema magmático-hidrotermal. En particular, se utilizarán las técnicas de datación 40Ar/39Ar en minerales supergénicos (particularmente en minerales del grupo de la alunita) así como U-Pb, trazas de fisión y (U-Th-Sm)/He en zircones y apatitos en las rocas porfídicas asociadas

a la mineralización. Este estudio integrado corresponde al primer trabajo de fechamiento de minerales supergénicos en México combinado con fechamientos geo-termocronológicos. Tiene como objetivo reconstruir la historia térmica del sistema magmático-hidrotermal desde su formación hasta su exhumación y cuantificar las tasas de enfriamiento y exhumación que están involucradas en los procesos de formación de mineralización hipogénica y supergénica del sistema para proponer un modelo de evolución tectónica del yacimiento.

SE10-4

ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL DEPÓSITO TIPO SKARN DE BUENAVISTA ZINC, CANANEA, SONORA

Ortiz Olvera Violeta¹, Calmus Thierry¹, Noury Mélanie¹ y Moreno-Rodríguez Verónica²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Estatal de Sonora

violeta.ortiz.olvera@ciencias.unam.mx

El distrito de Cananea se encuentra dentro del arco magmático mexicano Cretácico-Eoceno, o Cinturón Laramide, que fue activo y migró hacia el interior del continente entre 90 y 40 Ma en Sonora. Este distrito minero contiene depósitos magmáticos hidrotermales de clase mundial, como el sistema porfídico con la mayor reserva de cobre del país. En este trabajo se estudió la estructura de las rocas que alojan los depósitos tipo skarn de Buenavista Zinc y Puertecitos. El skarn de Buenavista Zinc está alojado en rocas paleozoicas basculadas hacia el NE y delimitadas por dos fallas importantes orientadas WNW-ESE, la falla Elisa y la falla Capote Pass. Los estudios previos no han logrado definir claramente el papel de la falla Elisa en la génesis del depósito, ya que esta falla no ha sido caracterizada consistentemente. El objetivo de este trabajo consistió en un análisis estructural, en particular de la falla Elisa para esclarecer la geometría de los depósitos y la cronología de los eventos, así como un estudio del zoneamiento mineralógico de los skarns. En el estudio estructural en Buenavista Zinc se encontró que la deformación compresiva asociada con el Cinturón Laramide se expresa por las fallas inversas Elisa, Ricketts y el cabalgamiento del Granito Cananea de edad proterozoica. De acuerdo con las relaciones de corte, este sistema de fallas fue activo durante el Cretácico entre 67 y 64 Ma y es anterior a el sistema de porfidos y brechas mineralizadas. La falla Capote Pass es interpretada como una falla normal de acuerdo con las relaciones geométricas de las unidades litológicas. El único evento extensional posterior al Paleógeno es la extensión regional Basin and Range del Oligoceno tardío-Mioceno. Sin embargo, la edad y cinemática de esta falla siguen sujetas a discusión porque su orientación no es aparentemente compatible con la geometría de las estructuras del Basin and Range. El estudio petrológico y geoquímico del skarn de Buenavista Zinc indica que el zoneamiento mineralógico del skarn no está afectado por las fallas antes mencionadas, es decir, el skarn se formó después de la deformación que estructuró las rocas que hospedan al skarn.

SE10-5

ÁREA MINERALIZADA EL SOCORRO: EVIDENCIAS DE UN POSIBLE SISTEMA EPITERMAL DE BAJA SULFURACIÓN SUPERPUESTO A UN SISTEMA OROGÉNICO.

Ortega Felix Luis Angel

Riverside Resources Inc, RRI

lortega@rivres.com

El área mineralizada El Socorro, contiene valores de Au, Ag, y se ubica dentro de la Sierra Santa Rosa en el municipio de Trincheras, Sonora, dentro del Cinturón de Oro Orogénico Caborca, el cual hospeda múltiples yacimientos de Au-Ag y proyectos que se encuentran en exploración. Este cinturón ha sido afectado por emplazamiento de múltiples intrusivos de edad Cretácica Tardía principalmente, los cuales muestran evidencias de mineralización en varias áreas. La Mina Cerro Colorado, Cerro San Luis, Mateburro, Orero 10, son algunas de las zonas más cercanas al Área mineralizada El Socorro cuyas litologías, alteraciones e intrusivos son correlacionables ya que se encuentran a escasos 5 y 10 km de distancia del Área El Socorro. El Socorro está caracterizada por tener las siguientes litologías, hablando de más antigua a más joven: • Una secuencia de rocas metamórfica de edad Proterozoica de aproximadamente 1.7 a 1.8 Ga con presencia de gneises y paragneises. • Seguida por rocas de edad jurásica correspondientes a la Formación Santa Rosa, la cual está comprendida de las siguientes unidades de rocas: Unidad Arenisca de grano fino, Unidad de Conglomerado Polimictico de grano fino que graduó hacia la cima a grano grueso. • Hacia la cima de la columna, una caliza de edad jurásica sin-mineralización • Y por último e intrusionando a la mayor parte de la secuencia con excepción de las Calizas, un Pórfido Riolítico con evidencias de mineralización de Au-Ag, con alteración argílica baja temperatura, que aflora en una gran parte de la Sierra Santa Rosa, dando origen a diferentes yacimientos epitermales con variaciones en tamaño.

SE10-6

GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS ESTABLES PARA DETERMINAR LA GÉNESIS DEL DEPÓSITO DE CU-CO-ZN-MN EN EL BOLEO, BAJA CALIFORNIA SUR.

Del Rio Salas Rafael¹, Ochoa-Landín Lucas², Valencia Moreno Martín¹ y Moreno-Rodríguez Verónica³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad de Sonora, UNISON³Universidad Estatal de Sonora

rdelriosalas@gmail.com

La mineralización de Cu-Co-Zn-Mn del depósito El Boleo está hospedada una secuencia de rocas marinas-clásticas del Mioceno tardío (Formación Boleo) en la cuenca de Santa Rosalía. Se realizaron mediciones de razones isotópicas de S (en sulfuros y sulfatos) y de O (en sulfatos) para determinar la evolución de los fluidos involucrados en la mineralización. Además, se determinó la composición isotópica de Cu en la mineralización de Cu y Mn. Evidencias de campo sugiere que hubo actividad hidrotermal en la cuenca de Santa Rosalía. La Formación Boleo jugó un papel principal en cuanto a la fuente de azufre, mientras que la precipitación de los sulfuros estuvo controlada por la reducción bacteriana, precipitando la mineralización de Cu-Co-Zn en condiciones reductoras. Por otro lado, en partes de la cuenca con condiciones relativamente más neutras y oxidantes, la mineralización se precipitó como óxidos de manganeso. Oxidación en los mantos tuvo como resultado mineralización secundaria de Cu con bajos valores de $\delta^{65}\text{Cu}$. La mineralización de óxidos de manganeso se caracteriza por valores altos de $\delta^{65}\text{Cu}$, y se asocia al ligero incremento en $\delta^{65}\text{Cu}$ en fluidos mineralizantes oxidantes en solución. Se piensa que el fraccionamiento de los isótopos de Cu tuvo lugar en cada manto, durante los procesos de oxidación-reducción en las condiciones lacustrinas al comienzo de cada ciclo sedimentario. La mineralización en El Boleo se clasifica como depósitos estratiformes sedimentarios, estrechamente relacionada a procesos hidrotermales asociados a la apertura del Golfo de California.

Sesión especial

EXTREMOS CLIMÁTICOS EN EL OCÉANO Y ATMÓSFERA

Organizadores

Ruth Cerezo Mota
Paulina Cetina Heredia
Maria Eugenia Allende Arandía

SE11-1

CARIBBEAN SEA MARINE HEATWAVES AND COLD SPELLS

Cetina Heredia Paulina¹ y Allende Arandía Maria Eugenia²¹Instituto de Ingeniería, UNAM²LIPC UNAM

pcetinah@iingen.unam.mx

Marine heatwaves (MHW) and cold spells (MCS) are events of extreme positive and negative temperature anomalies respectively. These events have affected ecosystems' health worldwide with MHWs recently prevailing. In the Caribbean Sea, where the second largest barrier reef extends, events of extreme temperatures could lead to coral bleaching, mortality, and an ecosystem shift from healthy to barren reefs. Although the potential impact on this type of ecosystem, no studies have focused on MHW and MCS in the Caribbean Sea. This study does a spatio-temporal characterisation of MHW and MCS in the Caribbean Sea, explores a thermal-stress coral response provoked by these events, and reveals environmental conditions that prevail during MHW and MCS occurrence. We show coherence between widespread bleaching and the yearly frequency of MCS and MHW before and after 1998 respectively. We find a positive long-term trend in MHW frequency consistent not only with global warming but also with the Atlantic Meridional Mode and similar climate modes of variability. There is a clear seasonal signal with MHW occurring more often in summer and MCS in autumn and winter. Finally, our results suggest MHW and MCS development is related to El Niño and la Niña conditions respectively. Our results provide information required to improve the skill of MHW and MCS' forecasts contributing to the development of ecosystems' and marine resources' management tools.

SE11-2

IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES DE OLEAJE SIMULADO PARA USO COMO FUENTE DE ENERGÍA ALTERNATIVA.

Salinas Prieto José Antonio, Maya Magaña María Eugenia y Hernández Martínez Constantina

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

jsalinas@taloc.imta.mx

En los mares y costas de México se observa gran variabilidad espacial y temporal de la energía asociada al oleaje, ello debido tanto a su extensión, a los efectos de la batimetría y a los frecuentes eventos meteorológicos que generan vientos superficiales intensos con gran variabilidad, en ocasiones persistentes, provocando condiciones extremas de oleaje. La dinámica atmosférica que genera el viento superficial está influenciada por oscilaciones diarias, mensuales, estacionales, anuales, interanuales y quinquenales, contribuyendo así a esta gran variabilidad en el mediano y largo plazo. Por ello, se requiere información y conocimiento confiable para los mares y costas mexicanos que permita incluir los efectos de esta dinámica atmosférica en la distribución energética de oleaje, sobre todo costero, en donde se pretende utilizar como fuente alternativa de energía. En este trabajo se realizaron simulaciones numéricas de oleaje con el modelo Wavewatch III para el periodo 1979-2010, tanto globales como regionales en mallas anidadas, para una malla en el Pacífico mexicano y otra para el Golfo de México-Caribe, donde se utilizaron las simulaciones globales como condiciones iniciales y de frontera. El modelo de oleaje, con una resolución espacial de 0.312 (aproximadamente 30 Km.), fue forzado con datos de viento del modelo atmosférico CFSR, las simulaciones de oleaje se compararon con observaciones de Reanálisis ERA5 para evaluar su desempeño a escala estacional, intraestacional e interanual. Se seleccionaron 3 regiones de costas mexicanas del Pacífico y para 4 en el Golfo de México-Caribe, donde se aplicaron cálculos de energía y potencia, comparándose con observaciones de la base de datos ERA5 en ciclos estacionales y anuales, identificando valores extremos mediante los percentiles 10 y 90. Se aplicaron pruebas de desempeño al comparar las simulaciones con la base de datos ERA5 en las variables: altura significativa, período pico, período promedio, dirección promedio de la primera partición del Swell, dirección promedio de la segunda partición del Swell, dirección promedio de la tercera partición del Swell, altura significativa de la primera partición del

Swell, altura significativa de la segunda partición del Swell, altura significativa de la tercera partición del Swell, estimando también el ciclo anual y estacional de estas variables para las 7 áreas analizadas. Se estimó la aportación de las primeras tres particiones del Swell al oleaje total, tanto en ciclos estacionales como anuales por región. Finalmente, se calculó la potencia de oleaje para las tres principales particiones espectrales, estimando sus valores extremos mediante los percentiles 10 y 90, identificando las costas mexicanas con mayor potencial de oleaje, analizando las implicaciones en su uso como energía alternativa y su persistencia (menor variabilidad temporal) en el ciclo anual y estacional.

SE11-3

CLIMATOLOGÍA DE TORMENTAS CONVECTIVAS SEVERAS PARA LAS ZONAS METROPOLITANAS DEL VALLE DE MÉXICO, GUADALAJARA Y MONTERREY

Ramírez Villa Roberto¹, Pita Díaz Oscar², Pérez Morales Angélica Berenice³, Santana Sepulveda Julio Sergio¹ y Contreras Tereza Victor Kevin¹¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA²Independiente³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

roberto_ramirez@taloc.imta.mx

Las zonas metropolitanas (ZM) en México se refieren al conjunto de municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes y que mantienen un alto grado de integración socioeconómica, siendo relevantes para la planeación y política urbanas. Debido a ello son zonas que pueden ser muy susceptibles a afectaciones significativas por fenómenos hidrometeorológicos, los cuales, de acuerdo con estudios de impacto socioeconómicos realizados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), están asociados con las principales causas de pérdidas socio-económicas en el país. Una tormenta convectiva severa (TCS) es aquella generada por condiciones de inestabilidad atmosférica y procesos convectivos intensos a escala local, ocasionando lluvias severas, vientos fuertes, granizo, rayos, inundaciones repentinas e incluso tornados, lo que puede derivar en daños materiales importantes, muertes o ambos. El objetivo de este trabajo es la construcción de una climatología de TCS que contribuya a la comprensión de su comportamiento y distribución espacio-temporal en las ZM del valle de México, Guadalajara y Monterrey. Para ello se recurrió al análisis de información climática proveniente de observaciones (estaciones meteorológicas, climáticas, radiosondeos), sensorio remoto (datos satelitales LIS - TRMM) y reanálisis (ERA-5). La identificación de condiciones favorables para el desarrollo de TCS se basó en el análisis de un conjunto de parámetros referidos en la literatura como elementos requeridos para el desarrollo de estos fenómenos, como lo son la energía potencial convectiva disponible, inhibición convectiva, índice de ascenso, cizalladura vertical del viento, razón de mezcla de vapor de agua, gradiente vertical de temperatura, así como precipitación convectiva y precipitación total. Los métodos empleados para la identificación de TCS fueron: • Precipitación en 24 horas > 50mm (lluvia muy fuerte) y > 75mm (lluvia intensa), así como eventos con precipitación > 25mm en 4 horas (TCS de corta duración). • Identificación de TCS mediante Brooks et al. (2003): ecuación logarítmica discriminante con valores > 8.36, CAPE > 100 J/kg y un gradiente vertical de temperatura de 2 a 4 km > 6.5°C/km. • Identificación de TCS mediante Taszarek et al. (2021): CAPE > 150 J/kg, cizalladura vertical del viento de 0-6 km > 12.5 m/s y precipitación convectiva > 0.25 mm/h. • Identificación de TCS mediante el potencial para ocurrencia de granizo significativo (SHIP). Los resultados obtenidos para cada ZM fueron: a) Series climatológicas, umbrales y análisis intercuartil de los parámetros asociados a TCS. b) Análisis de la consistencia de la información entre datos de reanálisis, observaciones y datos satelitales. c) Climatología mensual y estacional de eventos de precipitación > 50mm/24h, > 75mm/24h y > 25mm/4h, asociados a TCS. d) Climatología mensual y estacional de condiciones favorables para la ocurrencia de TCS que producen granizo, vientos intensos y potencial de tornado, a partir de las metodologías de Brooks et al. (2003) y Taszarek et al. (2021). Se concluyó que mediante la climatología de TCS se puede identificar la distribución espacial y los periodos de máxima actividad de eventos convectivos severos asociados a lluvias intensas, granizo, vientos intensos y actividad eléctrica.

SE11-4

EL PORTAL DE DISTRIBUCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE OBSERVACIONES OCEANOGRÁFICAS CIGOM – SMID

Medrano James Hernan Favio¹, Ronquillo Mendez Argelia²,
Velasco Ramirez David³ y Ramos Salvio Alberto Gabriel²

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

²Consorcio de Investigación del Golfo de México, CIGoM

hmedrano@cicese.mx

Como parte de un megaproyecto para establecer los efectos en el ecosistema del Golfo de México ante derrames de petróleo en aguas profundas de las aguas territoriales mexicanas, el consorcio de Investigación del Golfo de México (<https://cigom.org>) está construyendo una base de datos que incluye información casi en tiempo real del monitoreo in situ de variables físicas, biogeoquímicas y ecológicas, obtenidas por boyas, gliders, radares-HF, satélites y estaciones costeras; Así como los resultados de modelos numéricos para la zona del Golfo de México. El equipo de Servicios de Manejo Integral de Datos (SMID) implementó una plataforma computacional para la administración de datos oceánicos y servicios geoespaciales, compuesta por herramientas y estándares de código abierto utilizados por los sistemas de información geográfica, estandarizando así tanto los datos oceánicos como los servicios de distribución. Este enfoque permite y facilita las tareas de almacenamiento, catalogación, descubrimiento, transmisión y visualización de la información a través de protocolos bien establecidos a nivel internacional, logrando así la compatibilidad intergrupala e interdisciplinaria. Además, cada conjunto de datos tiene metadatos asociados, lo que permite la creación de una biblioteca digital que ofrece servicios de descubrimiento y federación de información. El trabajo de SMID ha establecido una metodología para la integración homogénea de datos de proveedores, implementando herramientas de código abierto como "Thredds" y "ERDDAP", para ofrecer múltiples formas de acceder a nuestros datos y crear servicios personalizados sobre estas tecnologías. El componente más atractivo que tenemos en nuestra plataforma es la funcionalidad de visualización web: Desplegamos un mapa interactivo web basado en el framework de datos geoespaciales "Terria.js" que puede visualizar a modo de capas los datos de nuestro catálogo y datos remotos de proveedores externos utilizando protocolos estándar. La principal ventaja de utilizar esta tecnología es la flexibilidad de formatos geoespaciales que podemos visualizar, tales como: "Web Map Service", "GeoJson", "Cesium Language", "Keyhole Markup Language" entre otros, además de formatos personalizados como gráficos interactivos web. Nuestra visión es escalar nuestra capacidad de gestión de datos y mejorar los servicios a nuestros proveedores para que podamos mantener el ritmo cada vez mayor del volumen, la veracidad, la variedad y la velocidad de los datos oceánicos.

SE11-5

TENDENCIAS DE ONDAS DE CALOR EN MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS: CONTRIBUCIÓN DE AEROSoles ANTROPOGÉNICOS, GASES DE EFECTO INVERNADERO Y VARIABILIDAD INTERNA

García Martínez Ivonne¹ y Bolasina Massimo²

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

²The University of Edinburgh, UK

igarcia@cicese.mx

Las ondas de calor (OC) son períodos prolongados (días-semanas) de calor excesivo que pueden tener impactos perjudiciales en la salud humana y los ecosistemas, así como considerables costos socioeconómicos. En esta charla se presenta una caracterización de la frecuencia, duración e intensidad de tres tipos de OC (compuestas, diurnas y nocturnas) para México y Estados Unidos durante la segunda mitad del siglo XX, utilizando grandes ensambles del modelo CESM-LE (Community Earth System Model Large Ensemble) y observaciones (Berkeley Earth Surface Temperatures). Asimismo, se cuantifica la contribución relativa de tres factores fundamentales en las tendencias recientes de OC: aerosoles antropogénicos, gases de efecto invernadero y la variabilidad interna inherente al sistema climático. Los resultados muestran que los tres tipos de OC se volvieron considerablemente más frecuentes, persistentes e intensos en décadas recientes, con un aporte creciente del forzamiento antropogénico en conjunto con la variabilidad interna. Una comprensión más profunda de estos eventos extremos es necesaria para elaborar proyecciones futuras confiables a nivel regional en un clima cambiante.

SE11-6

CARACTERIZACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Cerezo-Mota Ruth¹, Cavazos Tereza², Méndez Matías³ y Felipe Luis⁴

¹UNAM

²CICESE

³UV

⁴UAZ

ruth.cerezomota@gmail.com

El más reciente reporte del IPCC indica que el calentamiento global está afectando ya todas las regiones del mundo y está generando que la ocurrencia e intensidad de eventos extremos, como olas de calor, lluvias torrenciales, clima de incendios (condiciones de vientos fuertes y secos) y sequías, estén aumentando. Y con cada aumento de la temperatura, las probabilidades de ocurrencia de estos eventos también aumentará. En este estudio, con datos de estaciones meteorológicas se hace una caracterización de olas de calor en la Península de Yucatán así como su variación en términos de su intensidad y frecuencia para el periodo 1980-2010.

SE11-7

IMPACTOS EN LA DINÁMICA ATMOSFÉRICA DEBIDO AL CAMBIO DE USO DE SUELO ASOCIADO AL CRECIMIENTO ANTROPOGÉNICO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

Patlan García # Nayeli Anai, Allende Arandía María Eugenia y López Espinoza Erika Danaé

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

anai.patlan@ciencias.unam.mx

La necesidad del ser humano por la explotación de los recursos naturales ha causado un gran deterioro ambiental, provocando que los ecosistemas se vean fuertemente amenazados. El cambio de uso de suelo es uno de los factores que afecta principalmente la pérdida de algunos ecosistemas, lo cual a su vez impacta en los procesos de interacción entre lo biótico y lo abiótico. Una alteración derivada del cambio de uso de suelo, es el cambio en los patrones de la dinámica atmosférica, la cual tiene un papel fundamental en los procesos locales y regionales, además de contribuir al cambio climático. En este trabajo se realizó un análisis del cambio de uso de suelo en las últimas dos décadas y en dos décadas a futuro en seis ciudades costeras ubicadas en la Península de Yucatán. Para ello se utilizó el modelo atmosférico de mesoescala WRF, actualizando el mapa base de uso de suelo del modelo y proponiendo escenarios de crecimiento urbano para cada localidad. Se realizaron simulaciones numéricas de alta resolución espacial y temporal para estudiar y analizar el impacto que la dinámica atmosférica tiene por el cambio de uso de suelo derivado de las actividades antropogénicas. Los resultados muestran que los cambios más evidentes en la dinámica de la atmósfera se observan en las ciudades de mayor crecimiento urbano. Lo anterior, derivado de un aumento en la temperatura superficial por el efecto de isla de calor.

SE11-8

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A, TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR Y NIVEL DEL MAR FRENTE A LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Alvarado Graef Patricia, Fernández Díaz Violeta Zetzangari, Arreguín Rodríguez

Gabriela de Jesús, Mejía Piña Karla Gabriela y García Romero Agustín Rafael

Universidad Autónoma de Baja California, UABC

alvaradograef@uabc.edu.mx

El aumento en las emisiones de gases invernadero ha ocasionado cambios importantes tanto en las propiedades físicoquímicas como en la estructura del ecosistema marino. El análisis del efecto del cambio climático en los océanos se ha hecho, principalmente, a escala global o a gran escala. Por otra parte, para analizar las tendencias a largo plazo, es común eliminar de los datos el ciclo anual, lo cual impide detectar cambios a los ciclos estacionales. Es necesario realizar estudios con mayor resolución espacial y tomar en consideración el ciclo anual para comprender mejor la variabilidad espacial y temporal de las anomalías. Para lograr esto, se utilizaron datos satelitales (constelación satelital Copernicus) de: reflectancia (para obtener la concentración de clorofila a), temperatura superficial del mar (SST) y anomalías del nivel del mar en la costa oeste de la península de Baja California en el periodo comprendido entre septiembre de 1997 a septiembre de 2021. Con las series de tiempo correspondientes a estas variables se estudiaron las tendencias en la región así como su variabilidad espacial. Adicionalmente, se analizaron los cambios en la longitud, intensidad y frecuencia de fenómenos importantes para las pesquerías, la acuicultura y la salud pública como son los florecimientos algales y El Niño-Oscilación del Sur. Los resultados muestran cambios espaciales en las tendencias a largo plazo así como variabilidad en el ciclo estacional y en las características de los fenómenos observados.

Sesión especial

HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS EN MÉXICO

Organizadores

Juan Manuel Espíndola Castro
Lucero Morelos Rodríguez
Arturo Iglesias Mendoza

SE13-1

112 AÑOS DE HISTORIA DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

Suárez Gerardo y Pérez-Campos Xyoli
Instituto de Geofísica, UNAM
gerardo@geofisica.unam.mx

El Servicio Sismológico Nacional de México (SSN) fue fundado el 5 de septiembre de 1910, en respuesta a los compromisos asumidos por México con la Asociación Internacional de Sismología en 1903. Los primeros instrumentos sísmicos instalados en 1904 fueron un Bosch-Sismógrafo Omori y sismoscopio Palmieri. El SSN se inauguró formalmente el 5 de septiembre de 1910, pocos días antes de que estallara la revolución. La inauguración se llevó a cabo con una estación central en Tacubaya, Ciudad de México y dos estaciones secundarias. Los sismógrafos de Wiechert fueron seleccionados para su red. A pesar de las adversas condiciones económicas y políticas, el SSN logró crecer e instalar más estaciones durante la revolución. Además de la instalación de nuevas estaciones sísmicas y el reporte de localización y e intensidad macrosísmica de los sismos en México, el personal de SSN produjo informes notables de importantes terremotos que ocurrieron en esos primeros años. Destacan entre ellos los informes detallados sobre los terremotos del 19 de noviembre de 1912, en Acambay, Estado de México, y del 4 de enero de 1920, en Xalapa, Veracruz, ambos en la Faja Volcánica Trans Mexicana. Estos informes han dado forma a las estimaciones de riesgo sísmico en esta región altamente poblada de México. En los primeros estudios de réplicas, el SSN llevó instrumentos Wiechert a las áreas epicentrales de un gran terremoto de subducción en 1907 y a la ciudad de Xalapa, en las inmediaciones del terremoto cortical de 1920. Los científicos del SSN atribuyeron correctamente el sismo de 1912 a una falla activa local. Los sismogramas recogidos en 1920 confirmaron que fue un sismo cortical y no un evento intraplaca. La falta de fondos y el desinterés oficial no permitieron la modernización de la SSN durante muchas décadas. Esto cambió con el interés nacional en el Servicio impulsado por el devastador sismo del 19 de septiembre de 1985. Para inicio de los 90's nació la Red de Banda Ancha y a mediados de esa misma década, la Red Sísmica del Valle de México. Para principios del siglo XXI, el SSN adoptó las estaciones de GPS instaladas en sus estaciones y tras los sismos de 2017, se impulsaron proyectos de actualización y crecimiento del SSN.

SE13-2

EARLY MACROSEISMIC INTENSITY OBSERVATIONS, ISOSEISMAL MAPS, AND INSTRUMENTAL RECORDINGS OF EARTHQUAKES IN MEXICO

Suter Max
Vogesenstrasse 16, D-79639 Grenzach-Wyhlen, Alemania
sutermax@alumnibasel.ch

The earthquake intensity observations and isoseismal maps by the Observatorio Meteorológico Central de México and the instrumental recordings of earthquakes by the Observatorio Astronómico Nacional are a rich data source documenting late nineteenth – early twentieth-century earthquakes in Mexico and Guatemala. During 1877-1912, the meteorological observatory collected systematically macroseismic data through the skilled staff of its weather stations. Between July 1888 and November 1909, the observations were published in the seismology section of the newly created monthly Boletín del Observatorio Meteorológico-Magnético Central de México together with isoseismal maps for major earthquakes in southern Mexico and Guatemala such as the 18 April 1902 Guatemala, 23 September 1902 Chiapas, and 13 January 1903 offshore Chiapas earthquakes, as well as several earthquakes in Guerrero between 1902 and 1908. The Observatorio Astronómico Nacional recorded earthquakes on two Bosch-Omori seismometers (E-W and N-S components) and a Schmidt trilinear gravimeter (vertical component). The readings (recording time, various phases, period, amplitude) and the estimated focal distance appeared 1905-1908 in the annual catalogs of the International Seismological Association and were published from 1909 on in Mexican earthquake station bulletins. Furthermore, the Tacubaya recordings were contributed to monographs about the 18 April 1906 Mw 7.7 San Francisco and 17 August 1906 Mw 8.3 Chile earthquakes, which were emulated in a detailed Mexican study of the 14 April 1907 Mw 7.8 Guerrero earthquake including a compilation of the worldwide instrumental recordings of this

earthquake and a detailed field study of the construction damage in the epicentral region. These activities likely were fomented by the 10th International Geological Congress, which was held in Mexico City some few months after the San Francisco earthquake. A lively debate (recorded in the congress proceedings) developed about the origin of earthquakes, in which Andrew Lawton insisted that the 1872 Owens Valley, 1887 Sonora, and 1906 California earthquakes were caused by faulting. Harry Reid explained the San Francisco earthquake and related geodetically measured far-field displacements with his elastic rebound theory. Based on their prior field observations of active continental faults in the Basin and Range Province of Sonora, the Rhinegraben, and the Chiapas strike-slip fault zone, José Aguilera and Emilio Böse realized that the frequent earthquakes along the Pacific margin are not caused by a point source and explained them by a hypothetical offshore fault. A similar hypothesis had been made as early as 1840 by Charles Darwin to explain the 1835 seaquake in Chile. Eventually, around the mid-twentieth century, their hypothesis was confirmed by Hugo Benioff, when instrumental earthquake recordings had gained enough spatial resolution to document the cross-sectional geometry of the causative Middle America subduction-zone plate interface. Facsimilar copies of the early Mexican station bulletins (1909-1934) have been contributed to the Electronic Archive of Printed Station / Network Bulletins recently created by the International Seismological Centre, <http://www.isc.ac.uk/printedStnBulletins>. They will be of value in modern studies of historical earthquakes and to historians of earthquake science.

SE13-3

MONITOREO SÍSMICO EN MÉXICO POR EL SSN, UNA HISTORIA DE EVOLUCIÓN, CIENCIA Y COLABORACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

Mendoza Carvajal Antonio de Jesús, Zanolli Fabila Betty, Espíndola Castro Víctor Hugo, Iglesias Arturo, Cárdenas Ramírez Arturo B., Navarro Estrada Fernando, Cruz Cervantes José Luis y Grupo de trabajo Servicio Sismológico Nacional
Servicio Sismológico Nacional
antonio@sismologico.unam.mx

La red de Observatorios Sismológicos Nacional del SSN es el resultado del esfuerzo de varias generaciones de científicos, técnicos, especialistas, administrativos y personas de diferentes dependencias con diferentes enfoques, pero con un solo objetivo, el monitoreo sísmico permanente en el país para la salvaguarda de vidas derivado de datos verídicos y sobre todo confiables ante la vista de la población en general. Este trabajo comprende el inicio de la sismometría en México desde los sismómetros mecánicos hasta llegar a los electromagnéticos; el análisis e interpretación de los sismos con los sismogramas de papel hasta llegar a los digitales, los diferentes medios de comunicación como el telegrama hasta los stream de datos en tiempo real, y por último la forma en que se anunciaban la localización y magnitud de los sismos a la población antes de los medios digitales. Todo esto sin olvidar los sismos sobresalientes en México ocurridos durante esta transición, las experiencias y aprendizajes obtenidos.

SE13-4

ESBOZO HISTÓRICO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN MÉXICO

Espíndola Castro Juan Manuel¹ y Zamora Camacho Araceli²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad de Guadalajara, UdeG

jmec@unam.mx

El territorio mexicano es parte del cinturón de fuego del Pacífico, por lo que cuenta con buen número de volcanes activos cuya actividad ha sido registrada en numerosos escritos históricos. En esta ponencia se presenta un panorámico de las observaciones que diferentes autores han hecho sobre dicha actividad, que incluye la de los volcanes La Virgen (Baja California Sur), Colima (Jalisco y Colima), Ceboruco (Nayarit), Jorullo (Michoacán), Popocatepetl (Edo. de México-Puebla-Morelos), Pico de Orizaba (Puebla-Veracruz) y San Martín Tuxtla (Veracruz). Se hace referencia, entre otros, a los escritos de Fernando Consag (Ferdinand Consag), Francisco Javier Clavijero y José Mariano Moziño. Un listado de la actividad más reciente como la de los volcanes Parícutin (Michoacán), Chichón y Tacaná (Chiapas) complementa el esbozo histórico cuyo objetivo es poner de

manifiesto que, aunque México no tiene la misma densidad de volcanes activos que países como Indonesia o Japón, la mayoría de ellos se levanta cerca de centros importantes de población y constituyen un riesgo para sus habitantes. Así mismo, esta crónica ilustra como la historia contribuye al conocimiento global de la historia eruptiva de los volcanes.

SE13-5

LA HISTORIA DEL GEOMAGNETISMO EN MÉXICO, LOS PRECURSORES DEL SERVICIO MAGNÉTICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Caccavari Garza Ana¹, Cifuentes Nava Gerardo¹, Carrillo Vargas Armando¹ y Sandoval Osiris²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²ENES Morelia UNAM

estebanh@geofisica.unam.mx

Se presentan los antecedentes del Servicio Magnético de la Universidad Nacional Autónoma de México, y su relación con las mediciones del campo magnético de la Tierra en el actual territorio nacional. La gran influencia que Karl Friedrich Gauss introdujo en tres líneas que se han mantenido hasta nuestros días; que tienen que ver con la medición absoluta del campo magnético de la Tierra, el análisis matemático en términos de armónicos esféricos, y la instrumentación utilizada en la primera red de observatorios conocida como la Unión magnética de Gotinga. Tales ideas permanecen vigentes y en su versión moderna están plasmadas en los diversos tipos de magnetómetros que se utilizan hoy en día, por ejemplo, el modelo más aceptado en la comunidad científica internacional para pronosticar el campo geomagnético, conocido como el "International Geomagnetic Reference Field", así como la evolución de los observatorios primigenios hasta lo que actualmente se conoce como "observatorios virtuales satelitales". Se describe la evolución de los distintos tipos de registros y los cambios necesarios en la tecnología característica del siglo XIX para guardar los datos producidos en los observatorios y la capacidad tecnológica actual para generar datos de manera automatizada. En México, es posible rastrear las técnicas usadas para la adquisición de la información, desde los primeros registros fotográficos de principios del siglo XX. También es posible dar seguimiento a los diversos sitios en donde se emplazaron los observatorios en donde se midió el campo magnético de la Tierra, los cuáles, estuvieron sujetos a moverse por diversas razones que van desde la influencia del crecimiento urbano, hasta los movimientos revolucionarios. En México varios Los autores de las obras publicadas responsables de que esta disciplina se haya mantenido vigente y actualizada en nuestro país, tales como Joaquín Velázquez de León (1750), Vicente Reyes (1879), Rosendo Sandoval (1950), Carlos Cañón (1970), cuyas contribuciones sembraron la semilla que nos lleva a extrapolar lo que sigue en el futuro. Clima Espacial, El replanteamiento de la Teoría del dínamo auto sostenido, o la Corteza Terrestre Sometida a Esfuerzos.

SE13-6

LA INVESTIGACIÓN EN RAYOS CÓSMICOS EN MÉXICO: UNA HISTORIA NONAGENARIA

Valdés José Francisco

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

jfvaldes@igeofisica.unam.mx

La investigación en rayos cósmicos en México tiene una larga tradición, se inició en la década de 1930 con las expediciones organizadas por Arthur Compton y Manuel Sandoval Vallarta para estudiar la distribución geográfica de los rayos cósmicos y el descubrimiento del efecto este-oeste. En la década de los años 40 operó una estación semi-permanente en Teoloyucan, Edo de Mex. La investigación en los años subsecuentes fue intermitente, hasta el inicio de operaciones del monitor de neutrones en CU, DF, en la década de 1950 y la instalación del SuperMonitor de Neutrones durante los años 70. El Super Monitor de Neutrones ha logrado funcionar de manera ininterrumpida desde el año 1989 hasta la fecha. En la década de 1990 empezó a crecer entre la comunidad científica mexicana el interés por los rayos cósmicos; así se constituyó el grupo mexicano de la Colaboración Auger, se consiguió la sede del observatorio HAWC y se participa en experimentos internacionales varios como el JEM-EUSO. Con ello las instituciones que cuentan con investigadores dedicados al tema ha crecido y se ha diversificado.

Sesión especial

DESDE EL PALEOZOICO TARDÍO HASTA EL CENOZOICO DE MÉXICO Y MÁS ALLÁ: ESTRATIGRAFÍA, MAGMATISMO, GEOCRONOLOGÍA, PALEOMAGNETISMO Y TECTÓNICA: UN TRIBUTO A ROBERTO STANLEY MOLINA GARZA

Organizadores

Alexander Iriondo

Harald Böhnel

Luis Delgado-Argote

Martín Guerrero-Suástegui

SE14-1

ROBERTO MOLINA EN EL LABORATORIO DE PALEOMAGNETISMO DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS: 1999 - 2021

Böhnel Harald¹, Delgado Argote Luis Alberto² y Iriondo Alexander³¹Centro de Geociencias, UNAM²CICESE

hboehnel@geociencias.unam.mx

Roberto Molina se integró a la UNICYT, UNAM, Campus Juriquilla (antecesor del Centro de Geociencias, CGEO) en 1999, ocupando una plaza para repatriado, al nivel de Investigador Titular B. Llegó con antecedentes académicos claros, de estudios sobre la tectónica de México y Estados Unidos, y sobre la evolución del campo magnético y otros más. Durante los primeros años participó en diversos proyectos ya activos en el CGEO, como: la variación secular del campo geomagnético, la paleogeografía de la Baja California (BC). Temprano participó en un proyecto nuevo sobre la BC, del cual fue posible adquirir varios instrumentos para el laboratorio que entonces estaba en pleno arranque y en con grandes necesidades de equipamiento; los equipos se siguen utilizando, y que hasta la fecha. En ambas líneas de investigación participó en varias publicaciones hasta fechas muy recientes. Sin embargo, desde hace unos 10-15 años sus intereses se ampliaron a otros campos más allá del paleomagnetismo, como la estratigrafía y el análisis de cuencas sedimentarias, y entre otros, lo que diversificó su enfoque científico. Desde 1999, siempre participó alrededor de la supervisión de tesis desde licenciatura a doctorado de estudiantes en el laboratorio, con temas muy diversos, compartiendo esta tarea con los demás responsables y viceversa. Comentamos que siempre le preocupó la divulgación, y organizo para tal fin algunos diplomados para maestros de escuelas. También publicó como coautor dos libros en la editorial McGraw Hill Education, dirigidos al público en general, estudiantes, etc.

SE14-2

PALEOMAGNETISMO Y TECTÓNICA, LEGADO DE 30 AÑOS DE TRABAJO DEL DR. ROBERTO STANLEY MOLINA GARZA EN MÉXICO Y EEUU

Rodríguez Trejo Alejandro, Böhnel Harald y Ibarra Ortega Héctor

Centro de Geociencias, UNAM

alexrt@geociencias.unam.mx

El trabajo del Dr. Roberto Stanley Molina Garza en paleomagnetismo de rocas aplicado a estudios tectónicos en México y EEUU durante más de 30 años, de los cuales 20 en el Centro de Geociencias - UNAM, queda como un importante legado para las geociencias. Su participación en más de 50 trabajos publicados en diversos estudios geofísicos y geológicos, dando relevancia al estudio y uso de métodos de paleomagnetismo de rocas para resolver y comprender diferentes problemas geológicos. El Dr. Molina-Garza, realizó estudios a lo largo ancho de México, y más allá de sus fronteras, estudiando toda clase de unidades geológicas, como son con edades que van desde el Paleozoico y hasta el Holoceno. Trabajó en una gran cantidad de sitios de gran relevancia geológica, como la Formación Todos Santos, Chiapas; El Terreno Guerrero; El Bloque de Chortis, que abarca parte de México y Centro América; La Formación Mezcala, Gro, entre muchos otros. Su contribución en abarca una gran diversidad de estudios de paleomagnetismo de rocas: como

son análisis direccional y de polos geomagnéticos virtuales, magnetismo de rocas, rotación de bloques, reconstrucciones paleo geográficas, estratigrafía magnética de alta resolución, determinación de fuentes de sedimentación, aportación de datos para las curvas de deriva polar aparente, geo cronología, fábrica magnética, geología estructural, entre otros. Así como la formación de una gran cantidad de estudiantes de licenciatura y posgrado. La contribución del Dr. Molina-Garza y su trabajo a lo largo de más de 20 años en el Centro de Geociencias, permitió el acercamiento entre la geología y los métodos paleomagnéticos, mostrando la importancia y gran utilidad que tiene el método para la resolución de una enorme diversidad de problemas geológicos. Roberto deja un espacio muy importante en la ciencia en México que debe continuar en el futuro.

SE14-3

LA HIPÓTESIS DE LA MEGACIZALLA MOJAVE-SONORA EN QUITOVAC, NW DE SONORA: UNA EXCUSA PERFECTA PARA CONOCER A ROBERTO S. MOLINA-GARZA Y ESTABLECER UNA GRAN AMISTAD Y COLABORACIÓN EN VARIOS ASPECTOS DE LA GEOLOGÍA DE MÉXICO

Iriondo Alexander

Centro de Geociencias, UNAM

iriondo@geociencias.unam.mx

El poblado de Quitovac, en el NW de Sonora, es una localidad especial por ser uno de los lugares sagrados para la tribu indígena Pápago o, mejor llamada, Tohono O'odham (Gente del Desierto), que está establecida en el NW Sonora y SW de Arizona. Quitovac es también un lugar emblemático desde el punto de vista geológico, ya que en este poblado se ha propuesto evidencia geológica para hipotetizar sobre la existencia de una gran estructura geológica (falla) de carácter continental: La megacizalla Mojave-Sonora (MSM en inglés). La MSM fue propuesta por Silver y Anderson (1974, 1983) y Anderson y Silver (1978, 1979) para explicar la yuxtaposición de dos estilos de rocas de basamento paleoproterozoico en la mitad norte de Sonora, que nombraron como los bloques Caborca y Norteamérica; el primero, presentando rocas algo más antiguas que el segundo. Esta yuxtaposición fue interpretada como un contacto tectónico ejemplificado por una zona de cizalla subvertical de dirección NW de gran envergadura (megacizalla) con desplazamiento lateral izquierdo estimado en más de 800 km durante el Jurásico Tardío; desplazamientos tectónicos hacia el sureste estimados a partir del truncamiento de la secuencia miogeoclinal paleozoica y del arco magmático cordillerano del Jurásico Medio. Yo inicié mis estudios doctorales en Quitovac con la idea de explicar la presencia de vetas de cuarzo aurífero que se encontraban acomodadas a lo largo de zonas de cizalla (Silberman, 1988), supuestamente relacionadas a la MSM. El trabajo requería obtener un contexto geológico adecuado para interpretar el origen de las vetas y se realizó una cartografía detallada (>800 km²) que posteriormente fue complementada con estudios de geocronología U-Pb y Ar-Ar, geoquímica e isotopía (Rb-Sr, Sm-Nd y Pb-Pb). Cabe destacar que las primeras determinaciones de edades U-Pb en zircones de las rocas del basamento sugerían que las edades de los dos bloques de basamento presentes en la zona no eran distinguibles por su edad. Los estudios de geoquímica e isotopía si apoyaban la idea de que existían dos basamentos bien diferenciados, sin embargo, este límite tectónico fue interpretado como una sutura paleoproterozoica rejugada en forma de cabalgamiento durante el evento compresivo laramídico. Mencionar que en ningún caso se encontraron evidencias de deformación jurásica, o que la cabalgadura

tuviera grandes desplazamientos. Para aquél entonces, Roberto S. Molina-Garza había publicado estudios paleomagnéticos en rocas de Sonora que no apoyaban la hipótesis de la MSM. De hecho, estos concluyen que de existir desplazamientos latitudinales durante el Jurásico estos estarían por debajo del límite de resolución del paleomagnetismo. También explicaba que los trabajos previos paleomagnéticos no estaban bien trabajados y eran insuficientes para apoyar las interpretaciones originales. Estos descubrimientos me llamaron la atención y contacté con Roberto para platicar. Desde ese momento, hemos disfrutado de una bonita amistad y hemos realizado muchas actividades académicas juntos. En esta plática, además de hablar sobre la MSM y mi amistad con Roberto, mostraré algunos nuevos fechamientos U-Pb que he realizado en granitos precámbricos, jurásicos y laramídicos de la zona de Quitovac.

SE14-4

PALEOMAGNETISMO DE UNA SUCESIÓN VOLCÁNICA DEL MIOCENO TARDÍO EN SONORA (GUAYMAS), MÉXICO: EVIDENCIAS DE ROTACIONES TECTÓNICAS DURANTE EL RIFTING OBLICUO DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

Velderrain Rojas Luis Alonso¹, Vidal Solano Jesús Roberto¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²¹Universidad de Sonora, UNISON²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

luis1523@hotmail.com

La evolución del rifting oblicuo a lo largo del límite de placas Pacífico-Norteamérica durante el Mioceno tardío (12.5-6 Ma) es evidenciado a lo largo del margen este del Golfo de California. Durante este periodo, ocurre una sucesión magmática en el Cerro El Vigía, localizado en la región de Guaymas, Sonora. Esta secuencia es caracterizada por rocas intrusivas, flujos de lava y rocas piroclásticas con edades entre 12 y 10 Ma. De manera particular, el Cerro El Vigía presenta una geomorfología semicircular, previamente definida como una estructura volcánica (tipo caldera). Bajo este contexto, se realizó un estudio paleomagnético de 14 sitios. Los datos obtenidos muestran rotaciones de bloques corticales con respecto a un eje vertical de hasta 90° con respecto al cratón de Norte-América. Estos datos ponen en evidencia su origen tectónico y no volcánico. Los resultados y la evolución tectónica durante el Mioceno tardío sugieren que las rotaciones de bloques corresponden al desarrollo de grandes grietas de tensión deformadas dentro de un sistema de transtensión asociado con la deformación del rift del proto-Golfo de California. Por último, basado en las edades reportadas, nosotros concluimos que el magmatismo y la deformación en el Cerro El Vigía fue sincrónica con la tectónica transtensional durante el Mioceno tardío.

SE14-5

MIGRACIÓN DEL ARCO CORDILLERANO EN EL SO DE NORTEAMÉRICA (SUR DE CALIFORNIA Y NORTE DE SONORA): EVALUACIÓN MEDIANTE NUEVAS EVIDENCIAS GEOCRONOLÓGICAS

Castañeda Narvaez Erik¹, Iriondo Alexander¹, Estrada Carmona Juliana¹, Miggins Daniel² y Ortega Obregón Carlos¹¹Centro de Geociencias, UNAM²College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University

erick_narvz@outlook.com

Durante el Cretácico-Paleógeno, la evolución magmática del NO de México y SO de EUA estuvo regida por la subducción de la placa Farallón debajo de Norteamérica. Este evento tectónico dio origen al desarrollo del Arco Cordillerano y la orogenia Laramide. En el SO de Norteamérica, el Arco Cordillerano del Cretácico, también conocido como Arco Laramide (EUA) o Arco Cretácico Mexicano (México), se extiende principalmente desde el NO de EUA hasta el NO de México y forma un registro magmático desde, por lo menos, los 130 Ma hasta los 30 Ma. Sin embargo, la continuidad lineal del magmatismo, desde el borde continental (trincheras) hacia el continente, ha sido interrumpida por procesos extensionales y desplazamientos laterales derechos posteriores a la formación del arco Cordillerano (e.j., Basin and Range y la Falla de San Andrés resultante del rifting continental). Por esta razón, es complicado realizar una evaluación espacio-temporal del magmatismo que permita poner a prueba una posible migración del arco hacia el interior del continente durante el Cretácico-Paleógeno. Con el fin de evaluar la existencia de esta migración del magmatismo, se realizaron análisis petrográficos, geocronológicos y geoquímicos (en zircón) de 42 intrusivos a lo largo de dos perfiles en dirección Este-Oeste: 1) en el sur de California y 2) en el norte de Sonora. El primer perfil incluye 31 muestras recolectadas entre Santiago Peak y Palm Springs en el sur de California. Petrográficamente, estos intrusivos exhiben un espectro composicional variado desde diorítico a granítico con edades U-Pb de cristalización de zircón entre 125-75 Ma. Por otra parte, el segundo perfil incluye 11 muestras recolectadas entre Puerto Peñasco y Agua Prieta, en el norte de Sonora. Estos cuerpos varían en composición desde granodioritas a tonalitas y muestran un rango de edades U-Pb en zircón que oscila entre 75 y 32 Ma. Cabe señalar que algunas de las muestras presentan zircones con núcleos heredados que exhiben edades del Proterozoico hasta el Cretácico. Esto último, indicando la influencia que tuvo el basamento en la generación de los magmas precursores de los granitoides Cretácico-Paleógenos pertenecientes al Arco Cordillerano en la región bajo estudio. La restauración de los desplazamientos laterales (>300 km) de la Península de Baja California, durante el Mioceno tardío – Cuaternario, permite unir los dos perfiles mencionados

anteriormente para obtener un perfil combinado en dirección Oeste-Este de ~650 km, y perpendicular a la paleotrinchera, y así evaluar el fenómeno de migración magmática del Arco Cordillerano. Las edades de cristalización de los intrusivos colectados, a lo largo de nuestro perfil, permiten proponer una migración del arco magmático hacia el interior del continente desde los ~125 hasta los 32 Ma. Es importante aclarar, que, para este primer avance en el proyecto, no se ha tomado en cuenta el efecto de la extensión asociada al Basin and Range. Proyecto financiado por PAPIIT-UNAM IN111718.

SE14-6

EVIDENCIAS DE DEFORMACIÓN COMPRESIVA A PARTIR DE DATOS GEOLÓGICOS Y MAGNETOMÉTRICOS EN EL BORDE SE DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, REGIÓN AGUA DE HIGUERA-MISIÓN SAN BORJA, BAJA CALIFORNIA

Delgado Argote Luis Alberto¹, Lozano Hernández Baltazar¹, Pérez Flores Marco Antonio¹, Ávila Ortiz Nina Adhara Elena¹, Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe², Contreras-López Manuel¹, Carrillo-López Jonathan¹ y Gómez-Álvarez D. Karina¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

ldelgado@cicese.mx

Desde el complejo plutónico Ramona en el este de San Diego, California, E.U.A. (aprox. 33°N), hasta la región de Calamajué, Baja California, México (aprox. 29.4°N), se ha documentado deformación compresiva debida a la convergencia entre terrenos de afinidad con arcos de islas en el occidente con terrenos de afinidad con cuencas y con la margen continental de Norteamérica. Dichos terrenos alojan a las series plutónicas cretácicas del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) y en general, dicha convergencia tiende a ser más joven hacia el sur. La zona de convergencia o sutura, grosso modo, es paralela al gradiente regional producido por el alto y bajo magnéticos del oeste y este, respectivamente. Al sur de Calamajué, la región entre Agua de Higuera-misión San Borja (AH-SB) se localiza en el borde oriental de un alto magnético producido por el ensamble plutónico La Primavera (pLP) que produce una notable disrupción en el gradiente magnético regional. El interior de este ensamble zonado es más máfico que sus márgenes principalmente tonalíticas en donde se desarrollan estructuras con foliación milonítica y donde se encuentra el plutón Agua de Higuera (pAH). Las rocas encajonantes están formadas por una secuencia metamorfozada esencialmente en facies de esquistos verdes de depósitos volcánoclasticos, samíticos con carbonatos y lavas andesíticas, correlacionables con el segmento Nuevo Rosarito-El Arco del Jurásico-Cretácico Inferior, en el cual la deformación por esfuerzos compresivos es persistente. El conjunto deformado de rocas plutónicas y encajonantes desarrolla planos de foliación orientados hacia el NW y lineaciones subverticales con tendencia NE-SW. La zona intensamente cizallada desarrolla planos de falla con deslizamiento paralelo a la foliación, ambos con buzamientos mayores a 60°, tanto hacia el NE como al SW. En las zonas con marcado contraste magnético entre las rocas intrusivas y sus encajonantes se observa una notable correspondencia entre las soluciones estructurales y los buzamientos de los contrastes magnéticos de los perfiles casi perpendiculares a la zona de cizalla en AH-SB, indicando una dirección de acortamiento ENE/WSW la cual ocurrió antes del emplazamiento del plutón Compostela sin deformación de ca. 97 Ma. Este resultado permite extender la zona de convergencia hasta por lo menos 28.7°N pues el sur de esta latitud, los plutones de CBP comprendidos entre ca. 115 y ca. 92 Ma tampoco muestran rasgos de deformación.

SE14-7

GEOCRONOLOGÍA U-PB EN ZIRCONES DETRÍTICOS Y SM-ND EN GRANATE-ROCA TOTAL DE ROCAS METASEDIMENTARIAS DEL EXTREMO SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO: DEPOSITACIÓN EN EL JURÁSICO TEMPRANO Y METAMORFISMO EN EL JURÁSICO MEDIO

Contreras López Manuel¹, Delgado Argote Luis Alberto¹, Weber Bodo¹, Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe² y Ávila Ortiz Nina Adhara Elena¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

mcontrer@cicese.edu.mx

En el extremo sur del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP), las rocas plutónicas cretácicas (128-92 Ma) intrusieron dos cinturones de rocas encajonantes, orientados NW-SE, paralelo al eje de la península de Baja California. El cinturón occidental, cercano a la paleo-trincheras, consiste en una secuencia de rocas meta-igneas y metasedimentarias jurásicas con afinidad de arco de islas. Hacia el continente, el cinturón oriental está formado por anfibolita, para- y ortogneis, esquistos, calcosilicatos, mármol y otras rocas metamórficas indiferenciadas. Es probable que los protolitos sedimentarios estén asociados con secuencias sedimentarias triásico-jurásicas de cuenca tras-arco o paleozoicas depositadas en un ambiente de talud y cuenca. Sin embargo, el tiempo del depósito, proveniencia y temporalidad del metamorfismo aún se desconocen. En este trabajo se presenta edades U-Pb (LA-ICP-MS) en zircones detríticos de cinco paragneisses y dos esquistos. Adicionalmente, se presentan tres isócronas Sm-Nd (ID-TIMS) de

alícuotas de granate lixiviado y roca total para establecer la temporalidad del metamorfismo. La geocronología U-Pb en zircones detríticos de cuatro muestras del cinturón occidental y dos del cinturón oriental sugieren edades máximas de deposición en el Jurásico Temprano (195-180 Ma) con poblaciones de zircones detríticos que fueron proporcionados por fuentes similares. En conjunto, las poblaciones de zircones detríticos presentan cuatro picos, sugiriendo proveniencias del arco Cordillerano Permo-Triásico y los orógenos Apalachiano, Pan Africano y Grenvilliano. Por lo tanto, se infiere que los protolitos sedimentarios se formaron con material derivado del continente con proveniencia de fuentes peri-Gondwánicas y de Laurentia. Solo un esquisto de biotita presenta proveniencia local con una edad máxima de deposición de ca. 155 Ma, el cual probablemente se formó en una cuenca intra-arco aislada de la influencia continental. Un paragneis de biotita-granate arrojó una edad Sm-Nd en granate-roca total de 157 ± 5.7 Ma, la cual es contemporánea con el crecimiento de zircones metamórficos detectados en dos muestras, indicando un evento metamórfico en el Jurásico Medio. Nuestro resultados proporcionan evidencia de edades máximas de deposición en el Jurásico Temprano para las rocas metasedimentarias del extremo sur del CBP, así como poblaciones de zircones detríticos que relacionan los protolitos sedimentarios con el antiguo margen continental de México desde el Jurásico Temprano. Además, la geocronología Sm-Nd en granate-roca total proporciona la primer evidencia confiable sobre la temporalidad del metamorfismo en esta región.

SE14-8

EDADES MODELO DE ND EN LA COSTA DEL PACÍFICO MEXICANO

Arrieta Gerardo¹, Solís Pichardo Gabriela², Hernández Teodoro¹ y Schaaf Peter¹¹Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Geología, UNAM

arrieta@igeofisica.unam.mx

Las edades modelo de Nd nos sirven para estimar el tiempo de residencia cortical que ha tenido un magma después de separarse del manto. También son un reflejo de la contaminación de los magmas por distintos factores durante su ascenso. Para su cálculo además de necesitar la isotopía de Sm-Nd de la roca, también se necesitan conocer o estimar la composición isotópica del manto empobrecido. Estos valores pueden ser los de Liew y Hofmann (1988; promedio de basaltos tipo MORB) o de Schaaf (1990; xenolitos del manto al N de San Luis Potosí), entre otros. Sin embargo, en los últimos años se han estado analizando xenolitos (lerzolitas de Ol, Opx, Cpx, Esp, Plg) provenientes de dos localidades al NW de México (Mesa de Cacaxtla e Isla Isabel). Con estos datos isotópicos se puede recalcular o estimar un nuevo valor para el manto empobrecido por debajo del Golfo de California. En este trabajo se presentará una recopilación de las edades modelo de Nd de las rocas asociadas a subducción a lo largo de la costa del Pacífico, sus variaciones y su significado geológico. Así como una comparación de los distintos resultados al calcular con los valores anteriores y los obtenidos en este trabajo ($147\text{Sm}/144\text{Nd} = 0.257$ y $143\text{Nd}/144\text{Nd} = 0.513059$) para el manto empobrecido. También se expone una comparación mineralógica y barométrica de los xenolitos de La Jolla (San Luis Potosí), Mesa de Cacaxtla (Sinaloa) e Isla Isabel (Nayarit).

SE14-9

PETROGRAFÍA, GEOQUÍMICA Y GEOCROLOGÍA DEL ÁREA ENTRE TOMATLÁN Y TALPA DE ALLENDE, JALISCO MÉXICO

Montiel Teran Juan Pablo¹, Solís Pichardo Gabriela², Schaaf Peter³, Hernández Treviño Teodoro⁴, Arrieta García Gerardo⁵, Ortiz Joya Guillermo¹ y Corona Chávez Pedro⁴¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, IPN²LUGIS Instituto de Geología, UNAM³LUGIS Instituto de Geofísica, UNAM⁴Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

nauj.pol@gmail.com

El área de estudio forma parte del Batolito de Puerto Vallarta (BPV), una estructura plutónica de aproximadamente 9000 km² construida por una sucesión de pulsos magmáticos calco-alcalinos de afinidad a granitos tipo I y algunos a tipo S. Este trabajo se enfoca al área oriental del BPV entre Tomatlán y Talpa de Allende. Mediante estudios petrográficos y geoquímicos se clasificaron las rocas intrusivas que incluyen sienogranito, monzogranito, granodiorita, cuarzo monzonita y cuarzo monzodiorita. Los principales minerales son plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, biotita y hornblenda, los accesorios son zircón, opacos y en ocasiones apatito. También se distinguieron rocas metamórficas (gneises cuarzo-feldespáticos faneríticos de grano medio a muy fino), rocas volcánicas (derrames, diques, tobas) y un gabro de hornblenda con textura ofítica afectado por hidrotermalismo. Las rocas graníticas contienen de 63.63 a 76.46 wt% SiO₂ clasificándolas como granitos y tonalitas subalcalinos en el diagrama TAS con características de un magma magnésico, calco-alcalino, entre metaluminoso y peraluminoso comparable con otros granitos tipo I del BPV y de la Cordillera del Pacífico. De acuerdo a los patrones de elementos traza pertenecen a un arco volcánico, corroborado con las anomalías negativas de Nb características de un ambiente de subducción. El enriquecimiento de Rb, Ba y Pb puede estar relacionado al aporte de una fuente geoquímicamente evolucionada lo cual coincide con las anomalías negativas de Eu (moderadas a altas) en el patrón de las tierras raras y con las edades modelo de Nd (TDM) entre 518 y 1520 Ma. Las relaciones isotópicas iniciales de $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ van de 0.70386 a

0.70477; $143\text{Nd}/147\text{Nd}$ de 0.51251 a 0.51271 calculadas de acuerdo a la edad U-Pb obtenida de zircones individuales de cuatro muestras, que varía de 72.25 ± 0.64 Ma a 83.30 ± 0.40 Ma. Las rocas volcánicas se clasificaron geoquímicamente como traquiandesita basáltica shoshonítica corroborado con los patrones de tierras raras (#REE, La/Lucn y Eu/Sm) y como traquibasalto con características de toleita (#REE, La/Lucn y Eu/Sm). Comparando los resultados obtenidos de las rocas graníticas con trabajos del Batolito de Puerto Vallarta se observa una similitud en los patrones petrográficos, geoquímicos y geocronológicos. Hasta el momento, en el área de Tomatlán – Talpa de Allende no se han encontrado granitos jurásicos como en la parte centro-occidental del BPV. Teniendo en cuenta lo visto en campo y literatura, podemos decir que las rocas encajonantes son metamórficas y una secuencia de productos volcánicos, posiblemente partes de la secuencia volcanosedimentaria del Triásico Tardío (Complejo de Arteaga).

SE14-10

EL ARCO MAGMÁTICO CORDILLERANO DE MÉXICO (TRAMO PUERTO VALLARTA – MANZANILLO): COMO LA ISOTOPIA AYUDÓ A IDENTIFICAR PROCESOS PETROGENÉTICOS

Schaaf Peter¹, Corona Chávez Pedro², Ortiz Joya Guillermo¹, Gutiérrez Aguilar Fabián¹,Solís Pichardo Gabriela³, Hernández Treviño Teodoro¹ y Arrieta García Gerardo¹¹Instituto de Geofísica, UNAM²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH³Instituto de Geología, UNAM

pschaaf@geofisica.unam.mx

El arco magmático de la Cordillera de México muestra una considerable variación petrogenética y geocronológica. Se detectaron varios arcos desde el Jurásico hasta el Neógeno. Las rocas plutónicas muestran una gran variedad litológica (p.ej., granitos sensu stricto, granodioritas, monzogranitos, tonalitas, gabros) y diferentes mecanismos de emplazamiento (tipo M, tipo I, tipo S). También se distinguen formaciones autóctonas y alóctonas acompañadas con variables procesos de acreción. La truncación del arco y el desplazamiento del antearco es una característica del margen pacífico mexicano acompañado con procesos de erosión por subducción. Algunos cuerpos plutónicos tienen tamaños de batolitos, otros son más dispersos con pequeños volúmenes. Durante las últimas décadas se estableció una gran base de datos isotópicos por los métodos Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar y $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$. En esta contribución nos enfocamos al transecto Puerto Vallarta – Manzanillo de este arco. En el caso del batolito de Puerto Vallarta con una edad de emplazamiento entre 80 y 85 Ma, se observaron recientemente también secuencias metamórficas en facies de esquistos verdes hasta anfibolita con paragneises, otrogneises y anfibolitas, algunos con firmas isotópicas muy primitivas. Por otro lado, las edades modelo de Nd entre 650 y 1400 Ma evidencian la participación de una componente cortical muy antigua, la cual no se ha observado en otros cuerpos plutónicos de la Cordillera. El complejo plutónico de Manzanillo lleva el cuerpo gabroico más grande de la Cordillera, acompañando con procesos de hibridación de magmas, la cual reseteó completamente los sistemas isotópicos de Rb-Sr y Sm-Nd, pero interesantemente no del oxígeno y tampoco la distribución de los elementos mayores y traza. La combinación de resultados geotermobarómetros con datos químicos e isotópicos permitió reconstruir las condiciones P-T y las profundidades de emplazamiento en los plutones de Puerto Vallarta y Manzanillo. Los datos isotópicos de los dos cuerpos destacan el carácter heterogéneo del arco cordillerano mexicano con respecto a la cronología, los mecanismos de emplazamiento y los procesos petrogenéticos involucrados.

SE14-11

THE VERTICAL MAGMATIC SYSTEM OF THE COLIMA VOLCANO FROM 3D INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA

Arzate Flores Jorge¹, Romo Lozano Hector² y Corbo Fernando¹¹Centro de Geociencias, UNAM²Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

arzatej@geociencias.unam.mx

The Colima Volcanic Complex (CVC) in southwestern Mexico is a structure composed of three north-south oriented stratovolcanoes, two of which are extinct. Located about 80 km away from the subduction trench, the Colima Volcano is the youngest of the CVC, currently active, and considered one of the most active volcanoes in the continent. Here we present the results obtained from the 3D inversion of the full impedance of 21 broadband magnetotelluric (MT) soundings in the range of 1000-0.005 Hz. The results confirm the existence of a horizontal conductor at a depth of 2-3 km bmsl under the Colima volcano, acting as the natural cap seal of the hydrothermal system observed in many other volcanic complexes. Model results along five EW vertical sections extracted from the 3D inverted impedance show that the northern sector of the CVC is far more resistive (>1,000 ohm-m) than the south, where the upper crust becomes more conductive and apparently more fragmented. The combined results of horizontal and vertical resistivity sections and slices render a vertical conductor (10-20 ohm-m) of ellipsoidal shape under the Colima volcano, which extend from about 5 km bmsl down to at least 15 km bmsl. The approximate dimensions of the major and minor axis of the low resistivity elliptical conduit along the fault is about 20 and 5 km respectively. The

major axis of the ellipsoidal enhanced conducting pathway is parallel to the main NS fault system, which suggests that the fault controls the magmatic fluids ascent. Down to about 15-18 km bmsl the crust becomes widespread conductive, suggesting the existence of a flat lying magma reservoir. This agrees with a flat-lying low shear-wave velocity layer (<3.2 km/s) under the CVC at similar depths observed from passive wave seismicity and is consistent in depth and configuration with a mush type magma reservoir hosting high melt fraction evolved magma within closely packed crystals. Both, shear-wave velocity structure and resistivity crustal structure provide evidence supporting that the Colima volcano has a deep flat magmatic source connected to the surface through a vertical conduit controlled by a main fault.

SE14-12

SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND GEOCHRONOLOGY OF EARLY EOCENE CERRO AMARILLO BEDS, MAPIMÍ BIOSPHERE RESERVE, NORTHERN MEXICO

Juárez-Arriaga Edgar¹, Aranda Gómez José Jorge², Chávez Cabello Gabriel³ y Ramírez Peña César Francisco³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

ejarriaga@geociencias.unam.mx

The sedimentary evolution of northern Mesa Central, which is a plateau that lies between the Sierra Madre Occidental and the Sierra Madre Oriental, remains poorly understood because of less extensive study and the reduced and isolated outcrops that in places are almost completely masked by desert pavement. Nevertheless, previous work (Bartolino, J.: Texas Journal of Science, 44(3):295-300) has proposed that Upper Cretaceous or lower Paleogene sedimentary rocks are exposed at Cerro Amarillo, a distinctive landmark in the central part of the Mapimí Biosphere Reserve. We measured a continuous section, 20 m thick, exposed on the northern side of Cerro Amarillo. The succession consists of lenticular bodies of clast-supported, pebble conglomerate made of limestone, sandstone, and rare volcanic clasts and trough cross-stratified sandstone beds, up to 1.2 m thick, interbedded with gray calcareous siltstone beds. This succession represents deposition in fluvial channels and floodplains. Up section, cobble-bearing conglomeratic sandstone and bioturbated and laminated fine-grain sandstone beds are conformably overlain and represent longitudinal fluvial bars. One hundred clasts were counted in the stratigraphically lowest cobble-conglomerate bed of the section. Conglomerate clast composition is dominated by well-rounded clasts of limestone (82%), sandstone (14%), quartz (2%), andesite (1%), and chert (1%). The clasts were probably derived mostly from Lower Cretaceous carbonate rocks exposed east of the outcrop, as suggested by paleocurrent directions obtained from clast imbrication in the lower strata. A sandstone sample obtained from the middle part of sedimentary succession was analyzed for detrital zircon U-Pb geochronology, totaling 81 concordant ages. The sandstone sample collected ca. 1.3 m above the contact with siltstone beds, yielded a weighted mean maximum depositional age of 47.7 ± 2.8 Ma (MSWD = 1.8, n = 3), which is consistent with the youngest single grain age of 46.9 ± 1.6 Ma, both consistent within error of an inferred early Eocene time. Detrital zircon U-Pb ages range from ~1836 to 47 Ma, and most grain ages (56 of 81 analyses) fall between 300 and 47 Ma, with main probability peaks near ~79, ~68, ~63, and ~47 Ma. In summary, the Cerro Amarillo exposes an upward-fining succession composed of lenticular conglomerate bodies interbedded with siltstone beds that are interpreted as fluvial channel and floodplain deposits, respectively. Geometry of sandstone bodies and the sedimentary structures identified like trough cross-stratification and parallel lamination indicate a braided fluvial depositional environment in the Cerro Amarillo section. This work was supported by UNAM-PAPIIT IN106820 to J.J. Aranda-Gómez.

SE14-13

ORIGEN DE LOS DOMOS ESTRUCTURALES TRUNCADOS DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE MAPIMÍ, (DURANGO, MÉXICO)

Aranda Gómez José Jorge¹, Juárez Arriaga Edgar², Chávez Cabello Gabriel³, Ramírez Peña César Francisco³ y Vega González Marina¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra

jag@geociencias.unam.mx

En la región, conocida como la Zona del Silencio, hay estructuras que difieren de las usualmente presentes en sedimentos acumulados en el Mar Mexicano o sobre la Plataforma de Coahuila. Además de existir un arreglo complejo en la orientación de los ejes de los anticlinales y sinclinales hay pliegues replegados. Entre las estructuras destacan por su tamaño, que puede alcanzar 16 km de diámetro, los domos de Mercurio (afuera de la Reserva), Cerro Amarillo y Cerro Bola. De estos domos, solo Mercurio está completo, ya que los otros dos fueron truncados, aproximadamente a la mitad, por una falla normal y actualmente semejan pliegues buzantes abiertos con ejes E-W. La calidad de exposición de las estructuras en la Reserva disminuye de N a S, siendo el domo del Cerro Amarillo el mejor expuesto en lomeríos bajos formados por la formación Quiotentas [Bartolino: Texas J. Science 44(3)]. Rasgos notables del domo del Cerro Amarillo son que su núcleo es una montaña aislada formado por un conjunto de capas sedimentarias del Maastrichtiano y el Eoceno (U-Pb: 47 Ma) expuestas cerca del borde oriental del domo y que en el

halo de deformación, cerca del núcleo, las capas Quiotentas están "comprimidas" en una línea E-W con longitud de 0.5 km. En las porciones meridional y septentrional del halo, las capas Quiotentas se "abren" como abanicos en líneas N-S con longitudes de 1.5 km. En el extremo NNW del domo hubo un volcán que extravesó una lava andesítico-basáltica que siguió una depresión estrecha y curva, bordeada por capas ligeramente más resistentes en Quiotentas. En algunos sitios la andesita basáltica tiene vesículas y cavidades irregulares, hasta de 5 cm de diámetro, rellenas por conjuntos radiales de zeolitas secundarias: escolecita, mesolita y/o natrolita. El Cerro Bola es el núcleo de otro domo que está bordeando por otra antiforma con eje E-W, que es menos conspicua que la del Cerro Amarillo. El Cerro Bola es un potente (>50 m) cuerpo aislado de dacita (U-Pb = 26.0 Ma) con forma alargada en dirección NNE, que en su flanco occidental muestra juntas pseudo-columnares sub-verticales y que interpretamos como un lacolito subvolcánico, basculado al oriente. La sin-forma de Lomas Altas es la estructura más pobremente expuesta y no presenta un núcleo formado por rocas diferentes a las que constituyen su halo de deformación; en su centro hay un afloramiento con forma arqueada de Quiotentas sepultada bajo pavimento del desierto. Los dos domos de la Reserva yacen sobre una anomalía aeromagnética de campo total, alargada en sentido N-S, similar al alineamiento burdo que definen los domos y la sin-forma. Por comparación con el Domo de Mercurio, que se asocia con una anomalía magnética aislada bien definida y que expone en su núcleo estratos de caliza mesozoica y un cuerpo subvolcánico, suponemos que el domo del Cerro Amarillo puede deberse también al emplazamiento forzado de un cuerpo intrusivo, solo que más profundo que el de los domos de Mercurio y Cerro Bola (Papiit IN106820).

SE14-14

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DE LA FORMACIÓN CARACOL EN LA REGIÓN CENTRAL DE SAN LUIS POTOSÍ

Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto¹, Cuevas-Barragán Carlos David¹, Martínez-Paco Margarita², Aceves de Alba Jorge³, Barboza Gudiño José Rafael³ y Saucedo Ricardo³

¹Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UASLP

²Grupo de Geología Exógena y del Sedimentario

³Instituto de Geología, UASLP

magonegro_2000@hotmail.com

En el centro del estado de San Luis Potosí se realizó un análisis estratigráfico y sedimentológico detallado (90 perfiles de escalas variables; #900 datos de paleocorrientes) en la Formación Caracol, los cuales permiten dividir a esta unidad en dos miembros estratigráficos con base a su variación litológica: 1) miembro profundo Santa Teresa del Coniaciano-Santoniano y 2) miembro somero El Pedregal posiblemente del Santoniano tardío. El miembro profundo Santa Teresa se caracteriza por una sucesión de lutita, limolita y arenisca con escasos lentes conglomeráticos que sobreyace concordantemente a la Formación Indidura. El espesor aproximado de este intervalo es de #1000 m, con una edad del Coniaciano tardío al Santoniano (Texanites nodosus, Texanites quinquecostatus y Texanites gallicus). Las características sedimentológicas que exhibe el intervalo Santa Teresa permiten interpretarlo como: i) depósitos de canales submarinos de tipo mixto con morfología meándrica de moderada sinuosidad con desarrollo de depósitos de eje de canal que progradan a sistemas de relleno de canal abandonado. Es común observar desarrollo de sistemas de lóbulo deposicional y levee externo y ii) depósitos hiperpícnicos que desarrollan sistemas de canales meándricos de moderada sinuosidad, desborde de canal y lóbulos. El miembro somero El Pedregal está conformado por una sucesión de lutita, limolita, arenisca, caliza y caliza margosa que sobreyace concordante y transicionalmente al intervalo profundo Santa Teresa e infrayace discordantemente a unidades clásticas y volcánicas del Paleógeno. El espesor aproximado de este intervalo es de #300 m, con una edad Santoniano tardío por posición estratigráfica. Las características sedimentológicas que presentan las unidades clásticas del miembro somero permiten interpretarlas como sistemas de estuarios, montes de barras distributarias y frentes deltaicos influenciados por mareas y ríos. En tanto, las unidades carbonatadas exhiben características de plataforma abierta influenciada por oleaje y tormentas. La sucesión descrita previamente representa una progresión de facies profundas a someras, donde el miembro profundo Santa Teresa representa una primera fase definida por dos sistemas contemporáneos depositados dentro de una cuenca confinada: i) complejos de canales submarinos desarrollados de manera paralela o axial al cinturón orogénico con una dirección de transporte hacia el SE y S y ii) un sistema hiperpícnico cuya dirección de aporte principal se postula hacia el S y SW. Esta primera fase se encuentra estratigráficamente delimitada a la cima por depósitos de tormenta. El intervalo somero El Pedregal representa una segunda fase compuesta de sucesiones de línea de costa de tipo deltaica influenciada por mareas-ríos con presencia de dos tendencias de aporte (NW y NE) y delimitada a su cima por facies de plataforma mixta y depósitos de estuarios influenciados por oleaje y mareas.

SE14-15

LA EXTENSIÓN TECTÓNICA EN EL NORTE DE ZACATECAS Y SUR DE COAHUILA, MÉXICO.

Chávez Cabello Gabriel¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge², Medina Pérez Edgar¹, González Galván Erik David¹, Hernández Maldonado Jessica¹ y Ojeda Juárez Héctor¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
²UNAM, Centro de Geociencias

gabchave2001@yahoo.com.mx

El fin del acortamiento tectónico asociado al orógeno mexicano y el inicio de la extensión tectónica a escala regional en México sigue siendo un tema de debate. Se analizaron fallas normales y estructuras plegadas en la Formación Ahuichila al norte de Zacatecas y sur de Coahuila con el objetivo de abonar información local sobre el tema. Los afloramientos de la Formación Ahuichila, entre Mazapil, Zacatecas y Viesca, Coahuila, definen a una secuencia compuesta por cuatro miembros litológicos, estos son: a) conglomerado dominado por gravas calcáreas en la base, b) areniscas, conglomerados finos y tobas de color verde (bentonita) intercaladas, c) evaporitas y, d) calcarenitas y calizas. Algunas edades isotópicas en zircones (U-Pb) del miembro de tobas han sido reportadas para las localidades de San Jerónimo y del propio valle de Ahuichila, estas indican que por lo menos este miembro fue depositado durante el Oligoceno temprano como un depósito sin-orogénico al acortamiento regional y que bien pudo grabar el inicio de la extensión. El fallamiento normal define dos familias dominantes NW-SE y NE-SW en el área de Nuevo Los Indios, los planos muestran buenos indicadores cinemáticos y superficies estratificadas bien preservadas. Las rocas de falla dominantes son brechas, microbrechas y cataclitas. El fallamiento define direcciones de extensión NE-SW. Por otro lado, en la región existen abundantes ejemplos de reactivación de fallas inversas con componente normal como la zona de deformación de la falla Norias en el borde oriental del bloque de San Julián, la falla Rodeo y fallas inversas en la localidad de Nuevo Los Indios. La falla normal más notable documentada se encuentra en el frontón de Ahuichila, algunos cuellos volcánicos y derrames basálticos se alinean con esta estructura. Las edades reportadas para el depósito de la Formación Ahuichila en la zona sugieren que la extensión en la región inició después de los 27 Ma.

SE14-16

ROTACIÓN ANTIHORARIA DE ROCAS ÍGNEAS JURÁSICAS DE LA FORMACIÓN NAZAS, BLOQUE DE SAN JULIÁN, NORTE DE ZACATECAS, MÉXICO

Guerra Roel Rafael¹, Chávez Cabello Gabriel¹, Molina Garza Roberto Stanley², Pastor Galán Daniel³, Böhnell Harald², Patiño Méndez Gerardo¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge² y Pérez Chávez Carlos Alberto¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
³Universidad de Granada, Facultad de Ciencias

rguerra.roel@gmail.com

Reportamos una rotación de eje vertical en sentido antihorario de al menos 45° y no más de 60° en rocas ígneas de edad Jurásico temprano del bloque de San Julián en el norte de Zacatecas, México. Un total de 131 muestras en 35 sitios distribuidos a lo largo del intrusivo Caopas y de la sucesión volcánica de la Formación Nazas fueron recolectadas y procesadas con desmagnetización térmica por pasos. Se obtuvieron curvas de adquisición de IRM así como termomagnéticas para identificar la mineralogía magnética presente. Los resultados de la prueba del pliegue, además de otras evidencias, nos sugieren que la magnetización natural remanente presente en las muestras no es de carácter primario y que hay presencia de una remagnetización que afectó a toda la zona de estudio. A pesar de que la edad de la remagnetización es incierta, los eventos registrados en la zona nos orientan a asociar la remagnetización y la posterior rotación del bloque de San Julián a procesos geológicos post-jurásicos.

SE14-17

NUEVAS EDADES U-PB Y AFINIDAD GEOQUÍMICA DEL ARCO DE ISLAS DEL COMPLEJO LAS PILAS DEL CRETÁCICO TEMPRANO EN LAS SIERRAS DE ZACATECAS Y FRÍA

Carrillo Sánchez David Leonardo¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús², Castro Larragoitia Guillermo Javier³, Solari Luigi Augusto⁴, García Arreola María Elena³ y Molina Garza Roberto Stanley⁴

¹Ciencias de la Tierra, UAZ
²Unidad Académica de Ciencias de la Tierra
³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
⁴Centro de Geociencias, UNAM

topdicon@live.com.mx

El arco de islas del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano en la Sierra de Zacatecas está formado por el Complejo Las Pilas (CLP). El CLP está formado por derrames de lava de composición que varía de basalto a andesita, interestratificados con wacka, grauwaca, lodolita y escasas calizas y tobas; esta secuencia está intruída

por lacolitos de composición que varía de diorita a cuarzo diorita. En la región entre los municipios de Zacatecas y Pánuco se había demostrado con geoquímica de elementos traza e isótopos de Hf que el volcanismo y la intrusión de los lacolitos ocurrió de forma simultánea. Además, con una muestra de grauwaca se obtuvo, a partir del fechamiento U-Pb de zircones detríticos, una edad máxima de depósito del Hauteriviario. En este trabajo se reportan por primera vez las edades isotópicas, por el sistema U-Pb en zircones magmáticos, de un lacolito porfírico y un depósito volcánico-clástico en la comunidad de Casa de Cerros, así como una toba en la ciudad de Zacatecas. En los resultados también se incluye la geoquímica de elementos traza en el área comprendida entre Pánuco y Pozo de Gamboa, así como en la parte norte de la Sierra Fría. La asignación de la edad Hauteriviaria para el CLP fue a partir de la edad máxima de depósito de una grauwaca interestratificada en los derrames de lava. En este trabajo la edad queda constreñida a partir de las edades U-Pb obtenidas en zircones magmáticos de muestras ubicadas en las partes sur y norte de la secuencia Mesozoica de la Sierra de Zacatecas. La edad obtenida en la diorita es de 130.8 ± 0.6 Ma, en el depósito volcánico-clástico es de 129 ± 0.68 Ma y la toba lítica es de 130.9 ± 1.2 Ma. La continuidad litológica del CLP hacia el norte de Pánuco y la Sierra Fría también queda confirmada porque los derrames de lava muestran la misma tendencia de enriquecimiento en las tierras raras ligeras y patrón semiplano en las pesadas. En los diagramas multielementales hay enriquecimiento en los LILE, anomalía negativa de Nb-Ta y patrón subhorizontal en los HFSE. Las tendencias mostradas por los elementos traza son típicas de un arco de islas. En el Terreno Guerrero la asociación litológica no solo es de un arco de islas, sino que también incluye una cuenca trasarco (Arperos). Se ha propuesto la hipótesis de que la Cuenca de Arperos se extendía desde el estado de Guanajuato hasta Zacatecas y quizá más al NW, hasta Poroqui, Sinaloa. Sin embargo, en las áreas de estudio a partir de la asociación litológica que forma el CLP, la edad y la afinidad química, sugieren que se está en el arco de islas; aunque, no se descarta que en la cercanía pudiera haber evidencias de la cuenca trasarco.

SE14-18

GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGÍA U-PB Y TRAZAS DE FISIÓN DEL COMPLEJO PLUTÓNICO EL SALVADOR (SIERRA DE TAMAULIPAS, MÉXICO): NUEVOS DATOS SOBRE LA EVOLUCIÓN EOCÉNICA DE LA PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA

Peña Alonso Tomás A.¹, Loza Aguirre Isidro², Ramírez Fernández Juan Alonso³, Abdullin Fanis¹, Estrada Carmona Juliana⁴, Castellanos Olvin¹ y Viera Décida Federico³

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, UAT

²Universidad de Guanajuato, UG

³Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

⁴Centro de Geociencias, UNAM

⁵CONACYT

topeax@gmail.com

El complejo plutónico El Salvador es un cuerpo intrusivo circular y anillado localizado en el flanco suroccidental de la Sierra de Tamaulipas. Forma parte de varios campos magmáticos que conforman a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). Las rocas de El Salvador fueron agrupadas en tres suites magmáticas alcalinas A, B y C de acuerdo con sus características geoquímicas. La mayoría de ellas fueron generadas en un manto con espinela contaminado por fluidos de subducción y fueron emplazadas en dos episodios. En el primer episodio se emplazaron las Suites A y B, clasificadas como granitos de tipo alto Ba-Sr. La Suite B fue un producto diferenciado de la Suite A, contaminada por material cuarzo-feldespático a niveles corticales relativamente someros. La Suite C se emplazó durante el segundo episodio. Edades U-Pb (circón, titanita y apatito) y trazas de fisión (titanita y apatito) obtenidas de la Suite B sugieren el desarrollo de dos episodios de levantamiento. El primero ocurrió hace ca. 38 Ma, contemporáneo con el emplazamiento de las Suites A y B, justo después de la inversión, levantamiento y erosión de las cuencas Mayrán y Burgos. El segundo levantamiento ocurrió hace ca. 30 Ma, quizá contemporáneo con el emplazamiento de la Suite C. Ambos levantamientos ocurrieron bajo un régimen extensivo según numerosas fallas normales identificadas en registros sísmicos. De la comparación entre nuestros datos y observaciones regionales se hacen dos deducciones. (1) Los fluidos de subducción que metasomatizaron el manto debajo de la Sierra de Tamaulipas (y la PAOM) fueron producidos durante regímenes de subducción bien identificados en la región en el Pérmico (y quizá durante el Jurásico Temprano), pero no después del Cretácico. (2) La mayoría de los magmas de la PAOM ascendieron a través de estructuras corticales preexistentes en la Cuenca de Antepaís Mexicana.

SE14-19

EVIDENCIAS DE ACORTAMIENTO TECTÓNICO DEL EOCENO Y OLIGOCENO EN LA REGIÓN NORESTE DEL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO

Ramírez Peña César Francisco¹, Chávez Cabello Gabriel¹, Fitz Díaz Elisa², Aranda Gómez José Jorge³, Ruiz Arriaga Daniel⁴ y Guerra Roel Rafael⁵

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto de Geología, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴Dept. of Geological Sciences, The University of Texas at Austin

⁵Posgrado Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

césar_fran88@hotmail.com

El Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM) ha sido descrito como una cadena de pliegues y fallas inversas con orientación general NW-SE, que fueron desarrolladas diacrónicamente de occidente a oriente, por encima de una zona de despegue regional entre el Cretácico tardío y Eoceno. Recientemente, en la zona noreste del CPCM, se han venido desarrollando trabajos con especial énfasis en determinar edades de deformación de un conjunto de estructuras plegadas y bloques invertidos por fallas inversas de alto ángulo, que re-pliegan o cortan a los pliegues de despegue, e incluso levantan y permiten la exposición de sus superficies de despegue. Estos levantamientos tardíos generaron cuencas en sus bordes, las cuales fueron rellenadas por conglomerados, areniscas, tobas e incluso evaporitas, que frecuentemente exhiben geometrías clásicas de sedimentos sinorogénicos (p. ej. estratos de crecimiento), y actitudes estructurales que indican que las cuencas fueron involucradas en la deformación. Fechamientos U-Pb de circones en dichas tobas y areniscas indican edades de depósito del Rupeliano y Chatiano. Determinaciones 40Ar-39Ar en pseudotaquilitas de un sistema de fallas inversas de alto ángulo arrojan edades de 32 ± 0.6 y 34 ± 0.6 Ma. Por otro lado, un conjunto de 18 edades U-Th (Sm)/He de circones y apatitos individuales, obtenidos de afloramientos de rocas jurásicas de la zona de despegue del CPCM, arrojan agrupaciones de edades de entre 25-39 Ma y 26-30 Ma, respectivamente. El modelado de estas edades con el programa Hefty sugiere que la zona de despegue fue levantada rápidamente entre el Eoceno tardío y Oligoceno temprano. En conjunto, todas estas edades indican que en la región noreste del CPCM, además de la deformación asociada a despegues regionales durante el Cretácico tardío, ocurrió un pulso de deformación por acortamiento tectónico tardía, entre el Eoceno y Oligoceno.

SE14-20

MODELO GEOFÍSICO EN EL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC A PARTIR DE SONDEOS BMT Y MAGNETOMETRÍA TERRESTRE.

Ávila-Vargas Óscar¹, Corbo Fernando², Aguilar-Cárdenas Heriberto³ y Arzate Flores Jorge²

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

oavila@geociencias.unam.mx

Dentro del contexto actual en el tema del petróleo, perteneciente a la provincia petrolera Tampico – Misantla, el paleocanal de Chicontepec es un área de interés especial para la explotación de hidrocarburos en reservorios no convencionales. Debido a su complejidad geológica, producto de flujos turbidíticos de distintos eventos geológicos que formaron una deposición sedimentaria heterogénea, su estratigrafía representa un interés relevante por los importantes volúmenes de hidrocarburos contenidos dentro de secuencias intercaladas de arcillas y arenas. Es conocido que la sísmica es la técnica más popular para la exploración petrolera en este tipo de cuencas, sin embargo, cuentan con una limitante en zonas donde existen reflectores de ondas, además de que tienen un alto impacto económico para explorar grandes áreas. En este sentido, las técnicas electromagnéticas y en particular los sondeos magnetotélúricos de banca ancha (BMT) han demostrado tener buenos resultados en este tipo de cuencas complejas. Este trabajo presenta la interpretación de datos BMT y de magnetometría terrestre en el paleocanal de Chicontepec y en particular sobre una zona con presencia de intrusiones graníticas, que han enmascarado la respuesta de estudios sísmicos previos. El resultado mostrado es producto de la inversión 3D de sondeos BMT mediante el algoritmo ModEM (Egbert y Kelbert, 2021; Kelbert et al. 2014), para la cual fue incluida la influencia del océano y la topografía local dentro de un semi-espacio homogéneo inicial, creado sobre un malla creciente desde superficie con un factor de 1.20 (iniciando con celdas de 0.3 x 0.3 m). Mientras que los datos de magnetometría terrestre se presentan reducidos al polo, así mismo, durante el análisis se revisaron las cartas aero-magnéticas disponibles en el área de estudio. A partir de la combinación de estas técnicas geofísicas, es posible determinar la geometría de intrusiones graníticas y aportar información de las rocas que le subyacen; lo que suma valor agregado a ser consideradas para su empleo en la exploración de este tipo de cuencas. Proyecto financiado por CONACYT FC, No. 1787.

SE14-21

PALEOMAGNETISMO DE LA FORMACIÓN LA MORA: EVIDENCIAS DE LA DESCONEXIÓN DEL TERRENO MIXTECO CON GONDWANA NOROCCIDENTAL ENTRE EL TRIÁSICO TARDÍO Y JURÁSICO TARDÍO

García-Amador Bernardo Ignacio¹, Caballero-Miranda Cecilia

Irene², Alva Valdivia Luis Manuel² y Silva-Romo Gilberto³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

bernardoiga@gmail.com

La configuración de los bloques tectónicos en los bordes ecuatoriales de Laurencia y Gondwana, durante el ensamble y rompimiento de Pangea, han sido un amplio tema de discusión en las últimas décadas. Trabajos previos presumen que las capas rojas de la sucesión sedimentaria de la Formación La Mora (FLM), perteneciente al Terreno Mixteco, tuvieron una conexión sedimentológica con el ensamble cratónico de Amazonia (Sudamérica) para el Triásico Tardío. La edad máxima de depósito de la FML, con base en geocronología de U-Pb en circones detríticos, ubicaría para el Triásico Tardío tanto al Terreno Mixteco como al bloque Oaxaquia, yuxtapuestos al NW de Sudamérica, justo en un escenario previo al rompimiento de Pangea occidental. Dicha hipótesis se traduciría en una traslación de sur a norte del Terreno Mixteco durante el desmembramiento de Pangea. Para comprobar la hipótesis anterior, en este trabajo se reporta un estudio paleomagnético y de propiedades magnéticas dentro de la sucesión de capas rojas de la FLM, localizada en Oaxaca, México. El estudio consistió en la colección y análisis de 113 especímenes distribuidos en 22 sitios/niveles dentro de una columna estratigráfica de 369 m de altura. Los resultados de propiedades magnéticas y minerografía nos permitieron observar que los minerales magnéticos portadores de la magnetización remanente son titanomagnetita parcialmente/totalmente reemplazada por hematita (maghemita), así como hematita pigmentaria. Tanto el análisis de la dispersión de los datos paleomagnéticos, como la prueba del pliegue, nos conducen a interpretar una edad de la magnetización entre una etapa tardía de diagénesis y la edad de un evento tectono-magmático en la región para el Jurásico Tardío. Las paleolatitudes calculadas fueron de $9.8 \pm 1.7^\circ$ N y $11.1 \pm 1.6^\circ$ N, para las direcciones desaplanaadas (unflattening) y coordenadas geográficas, respectivamente. Por último, con base en el análisis paleomagnético de otras unidades del Triásico y Jurásico de la región y los resultados de este estudio, hemos podido concluir que el Terreno Mixteco se localizó para el Triásico Tardío en una paleolatitud de ca. $7 \pm 2^\circ$ S, a un costado del NW de Gondwana. Y que, este bloque se trasladó de sur a norte hasta alcanzar una paleolatitud de entre 9.8 y 11.1° N para el Jurásico Tardío, esto es, a ca. 1,800 \pm 220 km de distancia.

SE14-22

APERTURA CONTINENTAL DEL JURÁSICO INFERIOR A MEDIO EN EL SURESTE DE MÉXICO E IMPLICACIONES SOBRE LA APERTURA DEL GOLFO DE MÉXICO

Ruiz-Arriaga Daniel¹, Stockli Daniel¹ y Fitz Díaz Elisa²

¹Dept. of Geological Sciences, The University of Texas at Austin

²Instituto de Geología, UNAM

daniel_ruiz@utexas.edu

El Golfo de México (GoM) es una cuenca marina de vital importancia dentro de la evolución tectónica de Norte América, la cual ha sido preservada en el registro estratigráfico de la margen sur de EUA y la margen este y sur de México. Cuencas pertenecientes al Mesozoico Inferior localizadas en el este de México han sido asociadas a la ruptura y disgregación del supercontinente Pangea y la apertura del GoM. Dichas cuencas han sido consideradas como cuencas sin-rift del Jurásico. Sin embargo, el limitado conocimiento acerca de la evolución arquitectónica y temporal de las cuencas sin-rift en el sureste de México aún restringe el conocimiento sobre la evolución temprana del GoM. En el estado de Chiapas, las sucesiones siliciclásticas del Mesozoico temprano del Grupo Todos Santos (GTS), interpretados como Cuenca La Concordia, preservan la evolución pre-Oxfordiana de la sedimentación sin-rift, asociada a la ruptura de la Pangea occidental y subsecuente apertura del GoM. Nuevos datos estratigráficos, petrografía de areniscas, estudios de procedencia y geocronología de UPb de circones detríticos (UPbCD) permiten esclarecer la estratigrafía del GTS y compararlo con el registro rocoso de cuencas sin-rift similares. El basamento de la Cuenca La Concordia está formado por el Complejo Metamórfico del Macizo de Chiapas (CMMC), y las Formaciones Santa Rosa, Paso Hondo y Gruper. Rocas volcánicas del Jurásico Inferior de la Formación La Silla cubren el basamento y a su vez son cubiertas por limolitas del miembro El Diamante, y areniscas del miembro Jericó. Las diferencias litológicas e inconformidades angulares entre ambos miembros apuntan a un episodio de sedimentación sin-tectónica posterior al depósito de la Formación La Silla y previo al depósito de anhidritas de la Formación San Ricardo del Oxfordiano. Los datos de UPbCD de la Formación La Silla revelan edades Sinemurianas a Pliensbachianas para el vulcanismo de dicha unidad. Edades máximas de depósito (EMD) de 179 Ma del miembro El Diamante y edades de 193 Ma del miembro Jericó indican depósito de las rocas del GTS desde el Toarciano. Las EMD Toarcianas ubicadas debajo de las sucesiones Pliensbachianas del miembro Jericó sugieren una secuencia de denudación progresiva de la Formación La Silla y del basamento.

El registro de circones detríticos con edades proterozoicas y paleozoicas del miembro El Diamante que cambia a edades predominantemente Permo-Triásicas del miembro Jericó, indican un cambio de fuentes de sedimento que alimentaban a la cuenca. Dicha variación sugiere erosión e incorporación inicial del CMMC que cambia a una incorporación del Batolito de Chiapas y el Arco Jurásico Nazas. El vulcanismo de Formación La Silla en la Cuenca La Concordia coincide con el registro volcánico y EMD de las cuencas sin-rift del este de México, implicando magmatismo contemporáneo asociado a rift del Jurásico Temprano y posible extensión de tras-arco. La EMD Toarciana de la Formación El Diamante también sugiere que dichas rocas están ligadas a un episodio de extensión cortical a lo largo de la margen occidental de Pangea previo a la apertura del Golfo de México.

SE14-23

EL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS DE CHIAPAS: EDAD, GEOMETRÍA Y EVOLUCIÓN

Hernández Vergara Rogelio¹, Fitz Díaz Elisa², Brocard Gilles³ y Morán Zenteno Dante Jaime²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM²Departamento de Procesos Litofísicos, Instituto de Geología, UNAM³Universidad de Lyon, Francia

rogeliohernandezvergara@gmail.com

Una de las incógnitas que a muchos investigadores inquieta es la evolución tectónica del SE de México, ya que en esta zona ha sido parte la interacción de las placas de Norteamérica, Cocos y el Caribe, las cuales constituyen un punto triple que ha evolucionado desde finales del Cretácico hasta el presente con un desplazamiento del oeste al este por la costa del Pacífico. El origen y evolución del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras de Chiapas (CPCC) tiene una estrecha relación con la dinámica de estas placas, ya que su actividad que se ha quedado registrada en la deformación las rocas que constituyen la cubierta sedimentaria marina del Cretácico y del Paleoceno-Mioceno, así como en la estratigrafía de la región. Los resultados de este trabajo muestran que el CPCC se formó en dos principales eventos de deformación, el primero, presenta una edad eocénica, la cual se logró determinar mediante: 1) revisión de la estratigrafía que indica un cambio de ambiente sedimentario de cuenca marina (turbiditas de la Fm. Soyalo) a un ambiente continental (capas rojas de la Fm. El Bosque). 2) documentación de una primera familia de pliegues abiertos de geometría cilíndrica, longitud de onda de 15 a 20 km y ejes NW-SE que acusan un acortamiento NE-SW y 3) fechamiento de illita autigénica en zonas de cizalla capa a capa mediante la técnica de 40Ar-39Ar, que revelaron una edad de entre 35 y 40 Ma en los flancos de los pliegues y de 54.5 + 7 Ma en una zona de inversa. El segundo evento de deformación se asocia con el conocido Orógeno Chiapaneco el cual se asocia con la actividad de fallas laterales de cinemática izquierda. Dicho evento generó: 1) cambios abruptos en la sedimentación y discordancias erosivas y angulares entre las formaciones del Oligoceno y Mioceno. 2) generación de pliegues abiertos en las zonas periféricas de los sectores N y NE, y algunos pliegues en echelón en la parte central del CPCC y 3) intenso fallamiento lateral que cortó y distorsionó pliegues del Eoceno, así como generación de fallas inversas en el sector N y NE, que apoyaron el desarrollo de estructuras de flor positiva locales en zonas de transpresión y cuencas tipo pull-apart en las zonas de tensión. Estos datos indican que el origen CPCC coincide en tiempo con la deformación frontal del Orógeno Mexicano (Paleoceno-Eoceno). Sin embargo, el estilo de deformación entre ellos es diferente. Por otra parte, se determinó que su mayor expresión en cuanto a su desarrollo se da en el Mioceno en donde se superpuso una deformación por transpresión, típica de zonas de transcurrancia.

SE14-24

EL CINTURÓN PLEGADO DE CHICOMUSELO Y SU PAPEL EN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ORIENTE DE MÉXICO

Fitz Díaz Elisa¹, Sanz Valencia Jorge², Ortega Gutiérrez Fernando¹, Hernández Vergara Rogelio² y Albarrán Santos Marco Albán²¹Instituto de Geología, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

fitzde@gmail.com

El Cinturón Plegado de Chicomuselo (CPCM) es el orógeno de cobertura menos conocido en México y está expuesto en el extremo sur de México, Guatemala y Belice, a lo largo de una franja de unos 500 km de largo y 100 km de ancho, en el borde sur del terreno tectonoestratigráfico maya. El CFTB está constituido por una sucesión de rocas marinas sedimentarias del Paleozoico tardío que incluyen las formaciones Santa Rosa Inferior, Santa Rosa Superior, Grupera y Paso Hondo. Con base en el contenido fósil de las formaciones Santa Rosa Inferior y Paso Hondo, la edad de estas unidades estuvo restringida entre el Misisípico y el Pérmico Temprano. Estas sucesiones fueron acortadas por plegamiento y cabalgamiento en las dos formaciones superiores más competentes, mientras que la unidad inferior de grano más fino está intensamente foliada. Los pliegues, cabalgaduras y foliaciones de plano axial (S1) son más consistentes con una dirección de acortamiento NE-SW e indican una vergencia hacia el NE. Tales estructuras están discordantemente cubiertas por capas rojas de la Formación Todos Santos del Jurásico Medio. No se encontró discordancia angular entre las formaciones paleozoicas, como se reportó anteriormente, lo que indica que la deformación por acortamiento puede haber ocurrido en un evento que tuvo lugar entre el Pérmico y el Triásico Tardío. Las estructuras relacionadas con dicha deformación están cortadas por pliegues

mesoscópicos sobrepuestos y fallas laterales (tanto dextrales como siniestras), las cuales tienen longitudes regionales y están espaciadas a lo largo del cinturón. Las condiciones térmicas de deformación en el CFTB, constriñeron mediante el análisis del índice de cristalinidad de illita (ICl) a lo largo del eje del cinturón, el cual indica que la deformación ocurrió entre la epizona y diagénesis alta (0.2-1 #2#). La illita relacionada con la deformación de Fm. Santa Rosa y Paso Hondo se fechó con el método 40Ar-39Ar, dando edades muy similares entre las diferentes fracciones de tamaño analizadas, e indicando que hubo un evento de acortamiento intenso que ocurrió a los 252.4±8.2 Ma, y otro asociado a fallas posteriores que ocurrió a los 174.5 ± 6.3 Ma. Estos datos indican que todas las unidades sedimentarias dentro de la CFTB se acortaron durante una orogenia que comenzó en el umbral Pérmico-Triásico, la cual concluyó antes del Jurásico, basado en la discordancia angular que existe con turbiditas marinas que cubren a estas rocas y estructuras discordantemente y tienen edades de depósito máximas de 203 Ma, de acuerdo con los circones detríticos que contienen. Todas estas rocas fueron afectadas por fallas del Jurásico Medio durante la apertura del Golfo de México.

SE14-25

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA, MICROESTRUCTURA Y CINEMÁTICA DEL SISTEMA DE ZONAS DE CIZALLA TONALÁ ESCUINTLA

Serrano López Gabriel¹, Ramos Arias Mario Alfredo² y Fitz Díaz Elisa³¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²ESIA Ticomán, Instituto Politécnico Nacional³Instituto de Geología, UNAM

gabotrop@gmail.com

El límite SW del complejo del Macizo de Chiapas está marcado por una estructura de dimensiones litofísicas: La Falla de Tonalá (FT), la cual se sobrepone a una foliación milonítica que conforma el Sistema de Zonas de Cizalla Tonalá-Escuintla (SZCTE). El SZCTE se desarrolló en el Mioceno tardío durante el emplazamiento de plutones de composición granodiorítica-tonalítica con firma de arco, los cuales componen la Suite Plutónica Pijijiapan (SPP). El SZCTE ha sido invocado en modelos que abordan la configuración tectónica del punto triple entre las placas Norteamericana, Caribe y de Cocos. Sin embargo, no existe un análisis a detalle de su estructura que aporte información para esclarecer la validez de los modelos vigentes. En este trabajo se presentan tres mapas geológicos detallados, ocho secciones y un análisis estructural al NW, centro y SE del SZCTE. Así mismo, se presenta un análisis cinemático a partir de 43 láminas delgadas y un estudio detallado de diez muestras de la SPP sobre su microestructura, mecanismos de deformación, elipse de distorsión interna, número de vorticidad cinemático y sistemas de deslizamiento del cuarzo activos durante la deformación. El SZCTE comprende dos grandes zonas de cizalla: 1) la Zona de Cizalla de Tonalá (ZCT) al NW, de orientación N30°W/70°NE, con lineaciones subhorizontales y tectonitas L-S; y 2) la Zona de Cizalla de Escuintla (ZCE) al SE de orientación N50°W/75°NE, con lineaciones subhorizontales a subverticales y tectonitas S-L. De acuerdo con distintos indicadores cinemáticos, la ZCT tiene una cinemática sinistral, mientras que la ZCE sinistral inversa. El SZCTE presenta estructuras como bandas C', porfidoelastos, enclaves deformados, pliegues similares, vetas de epidota, cataclásitas, pseudotaquilitas y fallas: dextrales (N-S), sinistral (E-W y N30°W) y normales (N30°W y N45°E). Y microestructuras como foliación, porfidoelastos de plagioclasa, anfíbol y titanita, peces de mica, foliación oblicua, micropliegues y bandas S y C'. Ambas zonas de cizalla presentan un gradiente de deformación que se manifiesta en una sucesión de: (A) foliación magmática, (B) foliación incipiente, (C) protomilonita, (D) milonita y (E) milonita con ultramilonita. Se discuten datos detallados de la fábrica y cinemática del SZCTE y sus implicaciones en el desarrollo del punto triple entre las placas Norteamericana, Caribe y de Cocos. De los modelos existentes al respecto, se considera que el modelo del pull-up es más viable debido a la cinemática sinistral inversa y la fábrica S-L en la zona SE del SZCTE. Sin embargo, no se descarta el modelo de zipper, que, aunque no puede ser probado a partir de afloramientos en superficie, la estructura podría continuar en el subsuelo.

SE14-26

ESTUDIO GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO DEL CINTURÓN PLUTÓNICO COSTERO DE CHIAPAS: UN AVANCE EN LA COMPRESIÓN DEL MAGMATISMO MIOCÉNICO EN EL SUR DE CHIAPAS

González Guzmán Reneé¹, Weber Bodo², Valencia Morales Yuly Tatiana², Tazzo-Rangel María Daniela², Pompa-Mera Valerie³ y Cisneros de León Alejandro⁴¹CGEO, UNAM²CICESE³UNAM⁴University of South Carolina

rguzman@geociencias.unam.mx

El Cinturón Plutónico Costero de Chiapas (CPCCh) fue definido por Molina-Garza et al. (2015). Esta serie plutónica está emplazada a lo largo de la falla Tonalá en el sur de Chiapas, extendiéndose por ~150 km a través del margen occidental del Complejo del Macizo de Chiapas. La mayoría de los afloramientos de estas rocas presentan deformación milonítica, producto del cizallamiento sinistral con una tendencia general NNE, relacionado con la Tonalá. Con base en edades de cristalización U-Pb en zircón (10.8-10.2 Ma) y las estimaciones de edades de

enfriamiento (39Ar-40Ar) en micas y feldspatos potásicos (10.4-9.3 Ma) de rocas milonitizadas, el emplazamiento de toda la serie se interpretó como sintectónica. En este trabajo se complementa la base de datos del CPCCh, presentando nuevos datos geocronológicos, geoquímicos e isotópicos de rocas relacionadas con esta serie magmática. Las rocas datadas arrojan edades U-Pb en zircón entre 8.2 Ma y 12.4 Ma. Los elementos mayores de las rocas miocénicas de Chiapas ($n=19$) confirman su afinidad granítica, calcoalcalina y magnésiana ($SiO_2 = 68.86\%$; $MgO = 0.88\%$, en una base anhidra), distribuyéndose entre rocas metaluminosas y peraluminosas. Los lantánidos se grafican en el diagrama normalizado a condrita con un enriquecimiento relativo de las Tierras Raras ligeras y medianas en relación con las pesadas ($[La/Yb]_N=14.2$; $[Sm/Yb]_N=3.4$). En múltiples diagramas de discriminación magmática y en el diagrama normalizado a Manto Primordial sugieren una petrogénesis con afinidad de arco volcánico en un ambiente compresivo. Por medio del trabajo de campo, identificamos xenolitos de rocas pérmicas y precámbricas dentro del granito miocénico. Los datos isotópicos en roca total ($\#Nd = -2.47$; $\#Hf = -3.76$) avalan un proceso de asimilación con las rocas del basamento. Este trabajo permite detallar el origen de las rocas miocénicas del sur de Chiapas.

SE14-27

FECHAMIENTO DE RADIONUCLEIDOS COSMOGÉNICOS DE ^{10}Be - ^{26}Al EN SEDIMENTOS DE CUARZO ALOJADOS EN NIVELES KÁRSTICOS Y SUS IMPLICACIONES EN LA EVOLUCIÓN NEOTECTÓNICA DE CHIAPAS, MÉXICO

Hernández Vergara Rogelio¹, Brocard Gilles², Flôp Reka³, Fitz Díaz Elisa⁴ y Morán Zenteno Dante Jaime⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

²Universidad de Lyon, Francia

³University of Wollongong, Australia

⁴Departamento de Procesos Litosféricos, Instituto de Geología, UNAM
rogeliohernandezvergara@gmail.com

Debido a su cercanía con el punto triple entre las placas de Norteamérica, Cocos y el Caribe, y a la actividad tectónica que estas ejercen, el relieve del estado de Chiapas se caracteriza por presentar variaciones importantes. Estos cambios se asocian principalmente con la exhumación del macizo de Chiapas a principios del Eoceno, que generó plegamiento de rocas del Cretácico Superior, mientras que durante el Mioceno (Orógeno Chiapaneco) generó cambios importantes en la estratigrafía, una intensa actividad de fallas laterales que indujeron al plegamiento y levantamiento diferencial de bloques. Estudios regionales basados en sismica indican que varias fallas de la región siguen registrando actividad, aunque se desconocen sus efectos en el relieve y su tasa de levantamiento a la que estas se mueven. Los análisis geomorfológicos realizados en este trabajo indican que la peneplanación descrita y documentada en Guatemala durante el Mioceno, se extiende hacia el estado de Chiapas, esto generó: 1) una alta erosión de las rocas del macizo de Chiapas en el sector SW, 2) acumulación de sedimentos en la zona correspondiente a la planicie central y 3) generación de karstificación en niveles de rocas calizas del Cretácico Superior con aporte de sedimentos ricos en cuarzo al interior de los conductos. Los resultados de este trabajo indican que posterior al Orógeno Chiapaneco, el macizo de Chiapas siguió registrando levantamientos importantes generando relieve, esto se determinó mediante el fechamiento de sedimentos de cuarzo provenientes de zonas distales del macizo de Chiapas, los cuales se alojaron en cuevas de las áreas kársticas de López Mateos (Cintalapa) y El Portillo (Villaflora). Los datos relacionados con el estudio espeleogenético de 25 cuevas indican que la zona de El Portillo presenta un karst maduro mientras que la zona de López Mateos presenta un karst más juvenil. El fechamiento de 9 muestras de sedimentos de cuarzo mediante la técnica de radionucleidos cosmogénicos de ^{10}Be - ^{26}Al , indican que las cuevas del nivel superior en la zona del Portillo presentan una edad máxima de entre 7 y 9 Ma y el nivel inferior 0.7 Ma, mientras que, en la zona de López Mateos, el nivel superior presenta una edad de 3 Ma y un nivel inferior de 0.02 Ma. Este cambio se relaciona con la incisión del nivel base de los ríos La Venta y Suchiapa, lo cual indica que posterior al evento de peneplanación, la incisión en los ríos aumentó generando una reconfiguración del relieve que posiblemente este asociado a la actividad de fallas regionales. Con este trabajo se demuestra la efectividad del fechamiento de radionucleidos cosmogénicos por medio del método ^{10}Be - ^{26}Al y su relación con la evolución del relieve en una zona tectónicamente activa, siendo este el primer trabajo en México en aplicar esta metodología de fechamiento en sedimentos de cuarzo alojados en niveles kársticos (cuevas) y que analiza su significado tectónico a nivel local y regional.

SE14-28

LA FALLA TONALÁ (CHIAPAS, MÉXICO) EN EL CONTEXTO DE LA UNIÓN TRIPLE DE PLACAS NORTE AMÉRICA-COCOS-CARIBE

Guzmán Speziale Marco
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
marco@geociencias.unam.mx

La falla Tonalá bordea el Macizo de Chiapas en su lado suroeste. Es una estructura de unos 200 km de largo, de movimiento lateral izquierdo. La escasa sismicidad a lo largo de la falla sugiere un fallamiento activo mínimo al presente. Esta estructura se encuentra en el área de deformación de la unión triple de placas Norte América-Cocos-Caribe. Por tal razón, se han propuesto varios modelos del

origen y significado de la falla, en el contexto de la unión triple. Una de las primeras propuestas, de hace unos 35 años, es que la falla Tonalá es la continuación de la falla Valle Nacional, otra gran estructura situada al noroeste de la falla Tonalá y con una orientación NNW-SSE. El estado de esfuerzos regional ha provocado grandes fallas laterales izquierdas con orientación NW-SE. Se ha sugerido que la falla Tonalá (también una falla lateral izquierda, orientada NW-SE) pertenece a este régimen de esfuerzos. Se ha sugerido también, que la falla Polochic, estructura lateral izquierda y parte de la zona del límite de placas Norte América-Caribe, continúa a lo largo de la falla Tonalá. En ese mismo contexto, algunos autores van más allá al proponer a la falla Tonalá como parte del límite Norte América Caribe, sino además como un sistema de "ziper" en el que la placa Norte América se cierra sobre la Caribe, justamente a lo largo de la falla Tonalá. Finalmente, también se ha propuesto que el antearco Centroamericano es una placa tectónica independiente, con las fallas que corren a lo largo del eje volcánico centroamericano, junto con la falla Tonalá, como límite de placas Antearco-Norte América. En este trabajo analizamos los pros y los contras de cada uno de los modelos propuestos.

SE14-29 CARTEL

ANÁLISIS GEOLÓGICO DE LOS INTRUSIVOS JURÁSICOS DE SAN ROQUE-CEDROS DE LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA: EVIDENCIA GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE UN ARCO DE ISLAS QUE SE EXTIENDE HASTA LA PENÍNSULA CENTRAL

Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe¹, Delgado Argote Luis Alberto², Weber Bodo² y Contreras López Manuel²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²CICESE

xochitl.torres@uas.edu.mx

En la península de Vizcaíno y la región de la isla de Cedros, parte centro-oeste de la península de Baja California, México, las secuencias ofiolíticas del Triásico superior son intrusionadas por plutones del Jurásico medio. Analizamos el plutón San Roque de ~150 Ma en la península de Vizcaíno y rocas plutónicas (~165 Ma) de la zona Punta Norte (PN) en la Isla de Cedros. La composición modal del plutón San Roque, varía desde cuarzodiorita de bt-hbl hasta tonalita de bt-hbl intrusionada por diques granodioríticos. Las rocas intrusivas son subalcalinas, cálcicas/calcoalcalinas y metaluminosas, similares a los granitos de arco de isla. Los valores iniciales de $\#Nd$ son primitivos (+8.9 y +9.0) indicando una fuente de manto empobrecida sin asimilación de la corteza. La secuencia intrusiva anfibolita que se interpretan como remanentes metavolcánicos de la ofiolita de la península de Vizcaíno. Una muestra de anfibolita se caracteriza por tener una evolución magmática pobre, con patrones REE planos y valores iniciales de $\#Nd$ tipo MORB de +10.1. Las rocas plutónicas de Punta Norte en la isla de Cedros tienen composiciones modales desde cuarzodiorita de hbl, leucotonalita de hbl y diques microtonalíticos. Estas rocas clasifican como subalcalinas, magnésianas y cálcicas, y son granitos típicos del arco de islas. Los patrones de REE tienden a ser subparalelos, con enriquecimientos progresivos en las abundancias de REE, lo que sugiere una cristalización fraccionada resultante de la evolución de un solo sistema magmático. Los diques de microtonalita y la leucotonalita arrojan valores iniciales de $\#Nd$ de +7.8 a +8.0 lo que indica que las rocas de PN se produjeron a partir de magmas asociados con una fuente en el manto empobrecido. Las rocas plutónicas de PN intrusión basaltos almohadillados. Las rocas plutónicas de San Roque y PN están correlacionadas con el sistema coetáneo de El Arco (~160 Ma) en la parte central de la península de Baja California. Muestran la misma evolución magmática en un entorno primitivo de arco de islas oceánicas derivado de un manto empobrecido sin asimilación cortical. Sugerimos que todas las secuencias jurásicas del sur del Cinturón Batolítico peninsular pertenecen al mismo arco.

SE14-30 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ANTICLINAL DE ITURBIDE, SIERRA MADRE ORIENTAL NORESTE DE MÉXICO.

Guajardo Rodríguez Ramiro Eliab, Chávez Cabello Gabriel, Ramírez Peña César Francisco, Galindo Eredia Edgar Sebastián, Cepeda Villarreal José Orlando, González Galván Erik David y Hernández Maldonado Jessica

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra
ramiroeliab1@hotmail.com

El anticlinal de Iturbide es una estructura regional bifurcada compleja cercana a la cabalgadura principal de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México, la cual corresponde a una provincia morfotectónica que representa a la cordillera más alta del norte y oriente de México con más de 1,000 kilómetros de largo, 80 a 200 kilómetros de ancho y una elevación promedio de 2,200 metros. El anticlinal de Iturbide tiene un rumbo noroeste-sureste, al noroeste de la cabecera municipal de Iturbide se bifurca en tres estructuras que modifican notablemente su rumbo y dirección de trasporte tectónico, dos anticlinales y un sinclinal. Los anticlinales muestran sus núcleos erosionados y exponen como rocas más antiguas a las formaciones Zuloaga, definida como una caliza oolítica tipo wackestone, variando a mudstone con espesores de 30 a 60cm, y La Casita en el área de Iturbide; más hacia el noroeste, yesos de la Formación Minas Viejas están expuestos en la localidad de Potrero Prieto. La estructura bifurcada define un sinclinal asimétrico con plano axial inclinado al noreste y como rocas más jóvenes presenta a las calizas de la Formación

Tamaulipas Superior en el área de Iturbide. La Formación Méndez, unidad marina más joven de la Sierra Madre Oriental en la zona, aflora hacia el SW en el núcleo de un sinclinal en abanico conocido como El Tejocote. El acortamiento tectónico en la zona es menor que en el frente de montaña donde ocurren la cabalgadura principal y secundaria, las cuales yuxtaponen a rocas del Jurásico Superior y Cretácico Inferior sobre rocas del Cretácico superior, respectivamente, con hasta 1900 m de salto estructural. En la zona, los estilos estructurales se caracterizan por pliegues simétricos, asimétricos y con geometría en abanico, pueden reconocerse fallas en los flancos de los pliegues, cambios en las direcciones de las estructuras y transporte tectónico tanto hacia el antepaís como hacia el transpaís. A partir del fracturamiento y fallamiento se determinaron direcciones de acortamiento tectónico, estas son congruentes como las del frente tectónico en dirección SW-NE. Las estructuras muestran analogía a trampas de hidrocarburos semejantes a las del cinturón Zagros de medio oriente.

SE14-31 CARTEL

RASGOS TECTÓNICOS DEL ARCO MAGMÁTICO JURÁSICO-CRETÁCICO DE LA PARTE CENTRAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO: EVIDENCIAS ESTRUCTURALES Y PALEOMAGNÉTICAS

Gómez Alvarez Doris Karina¹, Delgado Argote Luis Alberto¹, Böhnel Harald², Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe³, Lozano Hernández Baltazar¹, Ávila Ortiz Nina Adhara Elena⁴ y Contreras López Manuel⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²CIGE, UNAM

³Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

⁴CICESE

dgomez@cicese.edu.mx

Los contrastes composicionales de los terrenos que conforman el basamento del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) imprimen características distintivas a los plutones. El arco Alisitos del oeste evolucionó sobre una litósfera oceánica, mientras que en la zona este se desarrolló en zonas de convergencia y margen continental durante el Mesozoico. El límite entre ambos terrenos de rocas encajonantes se interpreta como una zona de sutura con deformación compresiva. Dichas zonas se han documentado claramente en seis regiones a lo largo del CBP, mostrando variaciones en anchura y temporalidad. En el sur del CBP, entre Calamajúe (29.2° N) y la sierra El Arco (28° N) aflora una secuencia volcánica y volcanosedimentaria del Jurásico-Medio-Cretácico Temprano metamorfozada predominantemente en facies de esquistos verdes y deformada dúctilmente. Se considera que dicha secuencia metamórfica forma el segmento Nuevo Rosarito-El Arco (NR-EA) que representa el basamento del terreno Alisitos. El sector norte del NR-EA está intrusado por el batolito San Julián (BSJ) cuyo margen SE granodiorítico con fábrica protomilonítica que indica emplazamiento y deformación compresiva simultánea en 137.1 ± 0.39 Ma (U-Pb en zircón). En el este del BSJ se desarrolla un cinturón intensamente cizallado de dioritas de hornblenda a tonalitas y granodioritas de biotita. La deformación es más intensa en el norte del BSJ (Agua de Higuera) que en el SE (San Ignacio). Entre la región de Calamajúe (plutón Las Palmas; ca. 95 Ma) y el extremo sur del CBP entre las costas del Pacífico y las del Golfo de California (plutones San Jerónimo ca. 115 y El Barril ca. 92 Ma, respectivamente) los intrusivos no muestran deformación, de donde se desprende que ésta debió finalizar antes del emplazamiento de esos plutones. El análisis cinemático con fábri de las foliaciones metamórficas del norte de la secuencia del arco Jurásico NR-EA y del fallamiento de los intrusivos del este de BSJ muestra acortamiento orientado ENE-WSW, mientras que en el sector sur de la sierra El Arco el acortamiento se orienta NNE-SSW con variación de #50° entre ellas. Se propone que la convergencia se asocia a un régimen transpresivo que produjo el cierre de cuencas intra-arco que alojaban a las secuencias volcánicas y sedimentarias. Los resultados paleomagnéticos muestran que los intrusivos deformados del este del BSJ (ca. 137 Ma) tienen una rotación dextral aparente de 19° ± 12.1°, que es la mayor discordancia paleomagnética pues los plutones del Cretácico Tardío del CBP son estadísticamente estables.

SE14-32 CARTEL

ANÁLISIS DE FÁBRICA MAGNÉTICA EN LAVAS PLEGADAS DE LA FM. NAZAS, BLOQUE DE SAN JULIÁN, NORTE DE ZACATECAS

Patiño Méndez Gerardo¹, Guerra Roel Rafael¹, Molina Garza Roberto Stanley², Chávez Cabello Gabriel¹, Böhnel Harald², Ramírez Peña César Francisco¹ y Pérez Chávez Carlos Alberto¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

jerrypatmen@gmail.com

Se realizó un muestreo para el estudio de Anisotropía de Susceptibilidad Magnética (ASM) sobre un anticlinal tipo "Drape Fold" en rocas pertenecientes a flujos andesíticos de la Fm. Nazas. La secuencia volcánica se involucró en el desarrollo del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano en el margen oriental del Bloque de San Julián al norte del estado de Zacatecas. La zona expone dos estilos de deformación de diferente edad: 1) Deformación de cobertura o de tipo piel delgada representada por pliegues y cabalgaduras en rocas sedimentarias marinas del Jurásico Superior-Cretácico Superior, desarrollados entre el Campaniano y Maastrichtiano y, 2) Deformación de piel gruesa que involucra a fallas de basamento que imita el estilo Laramide generado por la reactivación de fallas inversas de alto

ángulo entre el Eoceno-Oligoceno. Se muestrearon 12 sitios que completan 113 núcleos, de los cuales, 93 dieron resultados aceptables de ASM. Los datos obtenidos demuestran que la fábrica magnética de las rocas es de carácter primario con geometrías triaxiales e isotrópicas asociadas a las direcciones de emplazamiento de las lavas, identificadas a través de rotaciones estructurales de los ejes principales en relación con la horizontal del pliegue. Las susceptibilidades están controladas principalmente por minerales paramagnéticos. La concentración de minerales ferromagnéticos se asocia a Hematita y Magnetita. Si bien, la región se caracteriza estructuralmente por indicios que denotan el paso de las deformaciones Sevier y Laramide, las rocas muestreadas presentan características de una zona en donde la deformación no afectó de manera penetrativa a las rocas muestreadas debido a su composición. Lo anterior, permite identificar cinco flujos diferentes de lavas con direcciones independientes: WNW-ESE, ENE-WSW, NNW-SSE, NNE-SSW y E-W. Concluir además que la deformación frágil-dúctil reconocida estructuralmente por encima de los muestreos realizados, definida como la superficie de despegue que controló los pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental en la zona, no afectó a las rocas estudiadas como para generarles una dirección de susceptibilidad k1 alineado a la dirección del transporte tectónico del cinturón de pliegues y cabalgaduras.

SE14-33 CARTEL

ANÁLISIS GEOLÓGICO Y MAGNETOMÉTRICO DEL PLUTÓN ZONADO LA PRIMAVERA EN EL BORDE DE LAS ZONAS OCCIDENTAL Y ORIENTAL DEL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA

Ávila Ortiz Nina Adhara Elena, Delgado Argote Luis Alberto, Pérez Flores Marco Antonio, Carrillo López Jonathan y Contreras López Manuel

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

avilaortiz@cicese.edu.mx

El Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) comprende una serie de plutones cretácicos que afloran continuamente desde Riverside, California, hasta el paralelo 28 en Baja California. Debido a sus diferencias petrológicas y geofísicas se ha dividido al cinturón en dos zonas orientadas axialmente a la península. La zona occidental alberga plutones predominantemente gabro-dioríticos a tonalíticos, ricos en magnetita que producen notables altos magnéticos. Las rocas que encajonan a estos plutones corresponden a distintos segmentos de arco de islas de edad Jurásico-Cretácico, que incluyen secuencias volcánicas y volcano-plutónicas metamorfozadas en facies de esquistos verdes. En la zona oriental se emplazaron plutones típicamente tonalíticos hasta graníticos, ricos en ilmenita, sin respuesta magnética. En amplias regiones, sobre todo en el norte de la península, las rocas encajonantes del cinturón oriental corresponden con la margen continental Paleozoica constituida por rocas clásticas silicatadas y carbonatadas, metamorfozadas en facies de anfibolita, muy deformadas. En la región sur del CBP destaca un alto magnético importante que produce una interrupción al gradiente magnético regional. Dicha anomalía es originada por las rocas del batolito San Julián, al cual pertenece el plutón La Primavera en su sector norte. El intrusivo zonado La Primavera es un stock emplazado hacia el este de la frontera magnética regional que se caracteriza por presentar una señal magnética superior a los 400 nT, lo que lo hace similar a los plutones de la zona occidental del Cinturón Cretácico. El plutón está concéntricamente zonado, su núcleo es máfico, está compuesto principalmente por diorita y gabro y sus márgenes son de composición tonalítica a granítica, mayormente deformados. Los resultados de los análisis magnetométrico y estructural sugieren que la geometría del cuerpo máfico magnetizado es de aspecto cilíndrico con bordes subverticales. Tanto las zonas de cizalla reportadas en las rocas félsicas en el norte del plutón La Primavera, así como en las rocas encajonantes, sugieren que la fracción más joven y félsica del plutón pudo emplazarse durante un régimen compresivo contemporáneo al reportado entre Nuevo Rosarito-El Arco, mientras que el núcleo máfico debió haberse emplazado antes del evento de compresión que afecta a las secuencias de arco del Jurásico-Cretácico Temprano y antecede al emplazamiento del plutón Compostela de ca. 97 Ma que no está deformado.

SE14-34 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DEL LÍMITE DE LA PROVINCIA EXTENSIONAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE UN PERFIL MAGNETOTELÚRICO NE-SW ENTRE SONORA Y ARIZONA

Fragoso Irineo Anaid¹, Lazcano Javier¹, Arzate Flores Jorge², Molina Garza Roberto Stanley² y Iriando Alexander²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM Campus Juriquilla

²Centro de Geociencias, UNAM

anaid.fi@gmail.com

La provincia extensional del Golfo de California, ligada al proceso activo de ruptura continental oblicua, se desarrolla sobre el extremo suroeste de la provincia Basin & Range, que se originó en una fase tectónica distensiva de gran escala y precursora de la actual. Con el objetivo de localizar el límite entre ambas provincias en el margen terrestre nororiental del Golfo de California, se ha realizado un modelo de resistividad eléctrica generado por inversión 2D de 16 sondeos magnetotélúricos adquiridos a lo largo de un perfil de orientación NE-SW y de ~175 km de extensión, desde la

costa norte de Sonora (México) hasta el suroeste de Arizona (EUA). El proceso de inversión 2D se realizó mediante un algoritmo de gradientes conjugados no lineales de Rodi Mackie, invirtiendo simultáneamente la resistividad y fase de los modos Transversal Magnético (TM) y Transversal Eléctrico (TE). El tensor de impedancia de cada sondeo se rotó al valor del azimut eléctrico calculado (-45°), que es coincidente con la dirección de las principales estructuras geológicas regionales. Para el modelo inicial, se emplearon valores de resistividad de 0.25 #m para el océano y 100 #m para el continente, utilizando una rejilla de 91 filas por 103 columnas. El RMS obtenido después de 35 iteraciones es de 2.088. El modelo que presentamos revela importantes variaciones en la resistividad de la litosfera del área de estudio, con cuerpos resistivos (>1000 #m) que se localizan casi exclusivamente sobre el límite corteza-manto (Moho) propuesto en trabajos previos mediante otros métodos geofísicos. Se exhiben dos segmentos claramente diferenciables principalmente por la geometría de los cuerpos resistivos y sus variaciones de resistividad. En la porción suroeste del perfil, se aprecia una corteza más conductiva en términos promedio, compuesta por una alternancia de cuerpos resistivos ($>1,000$ #m) y conductivos (<300 #m) estrechos y con elevados buzamientos al SW y NE, alcanzando profundidades entre ~ 18 y ~ 25 km. En contraste, la porción nororiental presenta el rasgo más destacable con la presencia de dos grandes cuerpos resistivos ($>10,000$ #m) con una profundidad que varía de ~ 25 a ~ 32.5 km, separados por un cuerpo resistivo de valor más bajo ($\sim 5,000$ #m). Partiendo de estas notables diferencias, se ha podido correlacionar el segmento suroccidental del perfil con los rasgos geológicos de la Provincia Extensional del Golfo y el segmento nororiental con estructuras asociadas a la provincia Basin & Range. Este límite propuesto entre las provincias extensionales se sitúa aproximadamente bajo un sistema de cabalgaduras laramídicas (Cretácico-Paleoceno) expuesto en los lomeríos de la zona de Quitobaquito (Arizona), a pocos kilómetros al norte de la frontera, en un área en la que se propuso anteriormente la traza de la Megacizalla Mojave-Sonora y, más recientemente, el límite entre las provincias paleoproterozoicas Yavapai-Mazatzal, que constituyen el basamento regional. Esta coincidencia espacial, parece indicar una gran influencia de la herencia geológica en la arquitectura actual de la corteza.

SE14-35 CARTEL

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA DEL VOLCÁN AJUSCO

Malpica Osorio Elisa Vianey¹, Arrieta Gerardo², Solís Pichardo Gabriela³, Hernández Teodoro² y Schaaf Peter²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

elisa.vianey.n.14@gmail.com

El volcán Ajusco se encuentra al sureste de la Ciudad de México, es parte de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Está rodeado por distintas provincias geológicas, al norte por las lavas del Volcán Xitle, al noreste por la cuenca de la Ciudad de México, al sur-sureste por la Sierra Chichinautzin y al oeste-suroeste por la Sierra de las Cruces. Se ha reportado una edad aproximada de 3Ma (Blázquez, 1956; Mooser, 1957), aunque se menciona que podría ser más joven (Bremer y Urrutia, 1985). Es un volcán compuesto constituido por cuatro domos de composición andesítica y dacítica. Su origen está en la fosa volcano-tectónica Graben del Tezontle como resultado de la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Norteamericana (Romer Terán., 1998). Su morfología está constituida por cuatro domos y un lahar, de forma ascendente: miembro de lava dacítica La Cruz del Marqués, miembro de lava andesítica Santo Tomás, miembro de lava dacítica Pipixaca, miembro de lava dacítica Pico del Águila y el lahar Zacatépétl del periodo glacial hace aproximadamente 27,000 años (Schlaepfer, 1968). Las rocas se han clasificado con una composición de andesita y dacita; además productos de flujos piroclásticos como bloques y cenizas. (Romero Terán., 1998). En este trabajo se presenta la geoquímica de elementos mayores y traza además de la geoquímica isotópica (no reportada previamente) de este volcán. Con lo que se discutirá la génesis de este volcán y su relación con la Sierra Chichinautzin. Debido a la textura afanítica y la mineralogía que consiste en plagioclasa, hornblendas y cuarzo, el fechamiento propone ciertos retos, debido a que los minerales ferromagnesianos están altamente oxidados, se optó por el método de $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ en plagioclasas (en proceso).

Sesión especial

RESILIENCIA COSTERA

Organizadores

Paulo Salles
Alec Torres-Freyermuth
Gema Hidalgo Rodríguez
Luis Arturo Méndez Barroso

SE15-1

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD EN TRES SOCIOECOSISTEMAS COSTEROS DE YUCATÁN: HACIA LA RESILIENCIA COSTERA.

Granados Martínez Karol Paulina¹, Ortigosa Gutiérrez Jazmin Deneb¹, Carmona Escalante Armando¹ y Salles Afonso de Almeida Paulo^{1,2}

¹Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, LANRESC

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros Sisal, Instituto de Ingeniería, UNAM
karol26@ciencias.unam.mx

La evaluación del estado de salud de un ecosistema requiere de la comparación de indicadores ecológicos, sociales y/o económicos a diferentes escalas y/o regiones. Basado en la metodología de Costanzo y colaboradores (2017), las Tarjetas de Reporte (TR) o Report Cards son herramientas que además de evaluar el estado de salud, permiten catalizar la acción social en torno a un ecosistema o área geográfica. Las TR evalúan los indicadores de estado de cinco a seis temáticas (ecosistemas y paisajes, comunidad y cultura, biodiversidad, manejo y gobernanza, economía y recursos hidrológicos) dependiendo las características de cada sitio. Así mismo, funcionan como importantes líneas base sobre los indicadores seleccionados y que estos puedan ser comparables. En cumplimiento con los objetivos del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC), se han realizado TR de tres socioecosistemas (SES) costeros de la península de Yucatán: Sisal, Celestún y el Parque Nacional Arrecife Alacranes. El número total de indicadores fue de 23 para Sisal, 20 para Celestún y 25 para Arrecife Alacranes; de los cuales de 4 a 6 indicadores pertenecen a los grupos temáticos de ecosistemas y paisajes, biodiversidad y recursos hidrológicos, relacionados con la disponibilidad y fuentes de información. Por otro lado, en los tres SES resultaron solo dos indicadores en el grupo temático de economía, vinculado directamente a la falta de acceso o disponibilidad de información. En el grupo temático de economía, para Celestún y Sisal, resultaron los indicadores de pobreza y marginación en condiciones regulares y malas, respectivamente. Por otro lado, en Arrecife Alacranes se priorizaron indicadores relacionados con el valor de producción de la langosta y el beneficio económico que genera un turista por día en el parque. Para el grupo temático de manejo y gobernanza los indicadores representan aspectos puntuales de cada sitio en torno a los instrumentos de gestión, programas de manejo y presupuesto; ya que los tres SES pertenecen a áreas naturales protegidas. Sin embargo, hay un indicador que evalúa la falta de acciones de inspección y vigilancia, y se encuentra en estado regular o mal en los tres SES. Por último, dentro del grupo de recursos hidrológicos, los indicadores inciden en su mayoría en aspectos de calidad de agua y contaminantes tóxicos. Como resultados generales, los tres SES presentan un estado de salud regular, que representa que los indicadores conducen frecuentemente a condiciones regulares. Es importante señalar, que durante el proceso de elaboración de las TR se incorporaron indicadores de cambio climático, factor que incide en la salud y resiliencia de los ecosistemas. Por ello, y como próximo propósito a esta primera línea base es evaluar la capacidad de resiliencia de los SES costeros para responder a la siguientes preguntas ¿Cuál es el grado de resiliencia de un lugar determinado?, ¿Cómo es que un lugar podría o no recuperarse de sus amenazas? y ¿Qué acciones de adaptación se están llevando a cabo o son necesarias para construir resiliencia?

SE15-2

RESILIENCIA COSTERA EN COLIMA: EL CASO DEL SISTEMA SOCIO ECOLÓGICO PLAYA PEÑA BLANCA, MANZANILLO.

Cervantes Omar, Sosa Argáez Itzel, Silvestre-Campos Adelaida, Olivos Aramis y López Luna Diana Guadalupe

Universidad de Colima, UCOL
omar_cervantes@uocol.mx

Los sistemas socio ecológicos costeros están conformados por una serie de elementos naturales que interaccionan y proveen de una serie de servicios ambientales que soportan diversas actividades que, en el caso de Peña Blanca en Manzanillo, Colima, es el turismo, que, de forma incipiente y no planificada,

resulta en el deterioro de las condiciones ambientales de las dunas, la playa, la vegetación y la fauna terrestre y marina, por efecto del tránsito de vehículos todo terreno, personas y ganado, presencia de fauna nociva, actividades recreativas desordenadas, generación de residuos sólidos y extracción especies protegidas de flora y fauna como tortugas y cactáceas. Lo anterior constituye una amenaza para este espacio costero, que representa una barrera natural de defensa y adaptación ante la variabilidad climática y el ascenso del nivel del mar. Este escenario requiere de atención mediante la implementación de una Estrategia de Turismo que fortalezca su capacidad de Resiliencia costera, en términos sustentables, sostenibles y de conservación, en sintonía con los ODS del Milenio. El diseño de la Estrategia se fundamentó en un diagnóstico basado en una Caracterización Socio ecológica (Ecosistemas) y Social (Identificación de Actividades y Mapeo de Actores), como insumo para crear las directrices y líneas de acción de actividades turísticas alternativas como el Turismo Científico, el complementar Rutas Gastronómicas, Senderos Interpretativos, Conservación de Flora y Fauna que en su conjunto generan impactos económicos, educativos y culturales para la comunidad; así como la protección y conservación del paisaje. Esto en su conjunto, aportan a la resiliencia de este particular ambiente costero.

SE15-3

UNA COMPARACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE DOS PLAYAS POSTERIOR AL PASO DE CICLONES TROPICALES EN PUERTO VALLARTA, JALISCO.

Sandoval Hernández Erika¹, Olvera Prado Erick Raúl², Carrillo González Fátima Maciel¹, Rivas Ruiz María Magdalena¹ y Maslo Aljaz³

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
akiresanher@yahoo.com.mx

En 2021 tres ciclones tropicales afectaron a la región de Puerto Vallarta. El paso de los ciclones provocaron el efecto combinado de oleaje alto y las descargas de los ríos, lo que causó erosión a playas aledañas a los cauces de los ríos. Para estudiar el grado de erosión y recuperación de las playas donde desembocan ríos en Puerto Vallarta, se examinaron dos playas: la playa del Holi donde descarga el río el Pitillal y la playa de los Muertos que cuenta con la desembocadura del río Cuale. Examinamos las dos playas en busca de cambios en sus perfiles de playa a partir de levantamientos topográficos. La playa del Holi se recuperó rápidamente, con una acumulación significativa de arena después de las tormentas mayor al volumen anterior al paso de los ciclones tropicales. Por el contrario, dentro de la playa de los muertos se observó poca evidencia de acumulación o recuperación de arena. Las mediciones sugieren que la elevación de la playa posterior a los ciclones tropicales disminuyó. Los resultados reflejan los diferentes regímenes de recuperación de cada playa, indicando que se deben aplicar diferentes estrategias de gestión costera. En el caso de la playa del Holi, sugerimos que no es necesario interferir con su estado natural. En el caso de la playa de los Muertos, parece poco probable que se recupere rápidamente de la erosión durante las tormentas, sugerimos una mayor investigación antes de aplicar cualquier estrategia de gestión a largo o mediano plazo.

SE15-4

RESILIENCIA DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL PUERTO DE SISAL, MONITOREO DE CAMBIOS MORFOLÓGICOS ANTE FORZAMIENTOS NATURALES, EVENTOS EXTREMOS Y ANTROPOGÉNICOS.

Paladio Hernández Alejandro¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, López González José¹ y Arriaga Jaime²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²TU Delft

apaladioh@iingen.unam.mx

La retroalimentación entre la hidrodinámica y el transporte de sedimento da forma a la costa, siendo que el área cercana a la costa es la más dinámica, esta es modificada también debido a la presencia de estructuras artificiales y geoformas

naturales. Por un lado, la retroalimentación positiva continua desarrolla estructuras de arena las cuales se comportan de manera coherente, y la retroalimentación negativa tiende a difundirlas. Se pueden observar estructuras de arena que sobresalen por encima del nivel del agua (dunas, lenguas y barras de arena), y otras por debajo del nivel del agua (ripples, bajos, deltas mareales). Estas estructuras definen de manera continua y dinámica la línea de costa, a diferentes escalas espaciales y temporales. Las lenguas de arena son comunes en ambientes dominados por oleaje; con suficiente suministro de arena, pueden evolucionar para afectar la circulación y la navegación en canales. El enfoque de esta presentación es en el canal de navegación del Puerto de Sisal, ubicado en el noroeste de la Península de Yucatán (YP), donde apareció una lengua de arena y evolucionó rápidamente, fue monitoreado desde su formación (junio/2018) hasta que la navegación quedó bloqueada (noviembre/2018), afectando socioeconómicamente y ambientalmente el puerto de abrigo de Sisal y el humedal con el cual comunica. La costa de Yucatán es micromareal, con alturas de ola significativas que van desde 0.1-0.4 m de marzo a septiembre y periodos de ola cortos (hasta 5 segundos), y ante la presencia de eventos de alta energía (frentes fríos y tormentas) las olas pueden alcanzar alturas de hasta 2.5 m costa afuera (10 km; 10 m de profundidad) de octubre a febrero, con periodos de hasta 12 segundos. Antes del comienzo de los estudios con UAV, usamos fotos (junio-julio de 2018) de una cámara estacionaria y datos hidrodinámicos (WAVEWATCH-III oleaje, MARV marea) para generar una descripción cualitativa de la lengua de arena en el canal. Luego, combinando productos de vuelos de UAV (MDE) y mediciones hidrodinámicas (flujo de energía de las olas), caracterizamos el comportamiento y la respuesta de la lengua de arena, desde su formación cerca de la cabeza del espigón, su consolidación en octubre de 2018 y su ruptura a mediados de noviembre cuando un frente frío produjo oleaje de 2.5 m de altura. Los resultados muestran que la formación de la lengua tiene lugar durante condiciones de calma (periodos dominados por brisas marinas) y, dependiendo del nivel de energía de los eventos extremos, esta nueva lengua se consolidará o romperá. La migración de la lengua está relacionada con eventos de rebase y cambios en la dirección de oleaje. La metodología presentada proporciona una herramienta completa para caracterizar el comportamiento morfológico de la lengua en una costa poco profunda, que puede ser útil para mejorar la gestión costera. Aquí presentamos la evaluación de la resiliencia del canal de navegación, y su capacidad de mantener la funcionalidad ante estresores permanentes (transporte longitudinal neto, presencia de estructuras) y shocks abruptos (Nortes y tormentas tropicales).

SE15-5

DIVERSIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PESCA EN EL SOCIO-ECOSISTEMA DE CELESTÚN, YUCATÁN

Torres Irineo Edgar¹, Ferrer Miranda Lizbeth¹, Hernández Herrera Isis¹ y Coronado Eva²¹ENES Mérida UNAM²ECOSUR Campeche

edgar.torres@enesmerida.unam.mx

Las comunidades costeras que dependen en gran parte de la extracción de recursos naturales, como los pescadores, son altamente vulnerables a eventos meteorológicos, al cambio climático, al mercado y a la producción natural. Estas comunidades forman parte de socio-ecosistemas que son altamente dinámicos y complejos por lo que la gente suele diversificar sus medios de vida para hacer frente a diferentes estresores que pueden afectar sus ingresos. La diversificación de estrategias de pesca ha mostrado ser una forma en la que los pescadores pueden reducir la variabilidad en sus ingresos a lo largo del año. En este trabajo, se evaluó la diversificación de estrategias de pesca en el puerto de Celestún, Yucatán, como caso de estudio. Se realizaron 60 entrevistas a pescadores que operan en Celestún para recabar información respecto a sus estrategias de pesca. Los resultados mostraron que los pescadores de Celestún pueden 1) operar únicamente en la costa; 2) operar únicamente en la ría de Celestún; y 3) una combinación de zonas de pesca. El primero grupo de pescadores son tomadores de riesgo ya que pueden tener mayores ingresos pero con alta incertidumbre, mientras que los pescadores de la ría son adversos al riesgo, ya que a pesar de tener menores ingresos, éstos son constantes. Se discute sobre las implicaciones en manejo y en la dinámica del socio-ecosistema.

SE15-6

IMPLICACIONES DE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LA BOCA EN LA SALUD GENERAL DE LA LAGUNA DE LA CARBONERA, YUCATÁN.

Franco Vargas Ariadna, Paladio Hernández Alejandro y Salles Afonso de Almeida Paulo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ari0195@hotmail.com

Las lagunas costeras son cuerpos de agua poco profundos, con un eje longitudinal paralelo a la línea de costa. Están separadas del océano por islas barreras o formaciones de dunas que generalmente se forman por la deriva de sedimentos de transporte litoral. A través de estas se produce el intercambio de agua, océano-laguna o viceversa mediante una o más entradas de marea. Este intercambio desigual a través de las bocas, está determinado por la asimetría de mareas, siendo este último un factor clave para la morfología lagunar. Si el sistema no se encuentra en equilibrio, termina teniendo gran acumulación de sedimentos lo que llevaría al cierre de la boca. Con el objetivo de evaluar la estabilidad del sistema lagunar para determinar su capacidad de renovación de agua, se realizó un estudio

en el cual se eligió como caso de estudio La Laguna Costera La Carbonera. Se encuentra ubicada en la costa noroeste de la Península de Yucatán y está limitada al Este y Oeste por un conjunto de ciénagas que comunican con Chuburná Puerto y Sisal. Se conecta con el Golfo de México por una estrecha bocana. A través de esta es posible ilustrar los procesos que dan lugar a la dominancia de caudales (flujo o reflujo), con el fin de determinar en qué medida los cambios morfológicos de la laguna La Carbonera se deben a la asimetría de las mareas y viceversa. El análisis del sistema se realizó con el modelo hidrodinámico DELFT3D D-Flow FM. Para ello se propusieron 5 escenarios, que consistieron en variar la longitud de la lengua de arena que separa a la laguna del océano. De esta forma se analizó la eficiencia en la boca de la laguna, considerando la asimetría de mareas y la variación de la longitud del spit debido al intercambio de transporte de sedimentos entre el océano y la laguna. Y por último, con el estudio realizado se concluyó la manera en que la geometría del spit ayuda con la estabilidad del sistema.

SE15-7

PANORAMA HACIA UN AGOTAMIENTO ADMINISTRATIVO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

Evia Cabral Luis Rodrigo, Salles Afonso de Almeida Paulo, Pacheco Castro Roger Benito, Canul Macario César Alejandro, Breña Naranjo José Agustín y Hernández Espriú Antonio
Instituto de Ingeniería, UNAM
luiseviac@outlook.es

La Ley de Aguas Nacionales establece en el artículo 14 BIS 5, fracción I, dice que el agua es un bien público federal, vital, vulnerable y finito, cuya preservación en cantidad y calidad, así como en sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y de la sociedad y constituye una prioridad y asunto de seguridad nacional (DOF, 2020); Por lo que es indispensable una evaluación lo más apegada a la realidad para poder tener una administración eficiente, La NOM- 011-CONAGUA-2015 establece el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales del subsuelo, para su explotación, uso o aprovechamiento. La metodología actual descrita por la NOM antes mencionada tiene sus ventajas y desventajas; por lo que es de primera necesidad una cuantificación lo más real posible para una gestión eficaz, ya que apegarnos a las metodologías preestablecidas representara un gran problema de gestión a futuro, puesto que todos los usos y concesiones están basadas en ella. En este trabajo de investigación se documentaron los volúmenes concesionados registrados por el registro público del agua (REPDA) y los reportes de disponibilidad publicados por el organismo de cuenca (CONAGUA) describiendo las tendencias futuras en disponibilidad usando métodos estadísticos de fácil aprensión para proyectar la problemática a la que nos enfrentaremos y describir el gran peligro que los actuales instrumentos de gestión representan para el futuro hídrico lo que invariablemente nos llevaría a un agotamiento administrativo, que detonaría en un freno económico, desabasto poblacional y problema ambiental a largo plazo. También y de la misma manera se realizó una revisión de datos económicos (PIB y porcentaje de participación nacional), datos poblacionales en la región del instituto nacional de estadística y geografía (INEGI) (total de habitantes, densidad poblacional y proyecciones de crecimiento poblacional) así como los indicadores de disponibilidad natural media de agua per cápita, Intensidad del uso del agua y grado de presión sobre los recursos hídricos para el estado de Yucatán; para generar un preámbulo situacional que enfrentara la disponibilidad de agua si se continua con el uso que tiene en la actualidad la NOM- 011-CONAGUA-2015 la cual no ha contemplado los estresores que afectan y afectaran mas año con año los recursos hídricos de las región.

SE15-8

CHARACTERISING UPWELLING IN THE YUCATAN PENINSULA: A FRAMEWORK TO EVALUATE ITS ECOLOGICAL IMPACTS

Cetina Heredia Paulina¹, Ángeles González Luis Enrique², Salles Afonso de Almeida Paulo¹, Torres-Freyermuth Alec³, López Rocha Jorge A.³ y Kurczyn Alejandro¹¹Instituto de Ingeniería, UNAM²UNAM³Facultad de Ciencias, UNAM

pctinah@iingen.unam.mx

Upwelling, or the upward transport of deep water in the ocean, enhances ecosystems' productivity and populations' resilience. This mechanism supplies nutrients to the euphotic layer triggering phytoplankton growth and can offer a relief from surface warming by delivering cold water. Prior studies focusing on marine organisms' biogeographical ranges suggest that upwelling in the Yucatan Peninsula benefits the abundance of species, with high ecological and/or commercial value (e.g., Octopus maya). This study diagnoses upwelling in the northern platform of the Yucatan Peninsula using four decades of sea surface temperature (SSTs); it identifies upwelling duration, spatial extent, intensity, and its seasonal to decadal variability. Additionally, to assess how our upwelling diagnostics can be linked to productivity, we examine the response of chlorophyll-a concentration to their occurrence. Such characterisation provides a framework to explore the impact of upwelling on species distribution and abundance, as well as its potential to enhance ecosystems' resilience. Financial support was provided by the CIC-UNAM through the Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera.

SE15-9 CARTEL

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA ESTUDIAR LA RESILIENCIA DE LA PLAYA

Franklin Gemma Louise¹, Medellín Gabriela², Gómez-Liera Juan A.³, Torres-Freyermuth Alec², Appendini-Albrechtsen Christian M.² y López-Ramade Eduardo²

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM
gfranklin@iingen.unam.mx

Las perturbaciones naturales y antropogénicas juegan un papel importante en la resiliencia de la playa. En la costa norte de la Península de Yucatán, el desarrollo urbano, la presencia de estructuras costeras (puertos pesqueros) y la incidencia de tormentas (Nortes y tormentas tropicales) afectan la capacidad del sistema playa-duna para brindar protección natural de la costa. Esto se debe a que los puertos afectan al transporte litoral de sedimento de manera significativa y generan erosión/acreción de la costa. Lo anterior, en conjunto con el empleo de diversos métodos de mitigación (rompeolas, espigones, geotubos, rellenos y bypass de arena), afecta la capacidad del ecosistema para recuperarse o alcanzar un nuevo equilibrio que le permita mantener su funcionalidad ante un estresor. El estudio de la resiliencia de la costa es altamente complejo, por lo tanto, es importante contar con métodos precisos y eficaces para su estudio. El índice de resiliencia costera propuesto por Dong et al. (2018) relaciona la morfología de la playa y duna con los impactos de tormentas en la costa (erosión e inundación). En este trabajo se presentan la comparación de tres diferentes métodos para obtener parámetros morfológicos necesarios para evaluar la resiliencia de la playa de Sisal ubicada en la costa norte de la Península de Yucatán. Los parámetros morfométricos se determinarán a partir de: 1) mediciones de perfiles de playa medidos con un GPS diferencial en modo RTK; 2) modelos digitales de terreno generados a partir de un Vehículo aéreo no tripulado (VANT); y 3) imágenes del satélite Sentinel-2. Los diversos métodos analizados presentan distintas ventajas y desventajas en cuanto a resolución (espacial y temporal), cobertura espacial, precisión, entre otras. Los resultados sugieren que la información obtenida de los distintos métodos es complementaria y que los diversos métodos de medición de la playa constituyen una buena herramienta para poder estudiar su resiliencia a través del tiempo y frente a cambios debido al desarrollo costero y cambio climático. Agradecemos al proyecto de Cátedras CONACYT (1146), PAPIIT DGAPA UNAM proyecto IA101422, y al proyecto Development and Application of UAV Image Sensing for Coastal Environmental Studies de la Convocatoria 2019-2020 Texas A&M-CONACYT para su financiamiento. Agradecemos a José López González, Camilo Rendón y Gonzalo Martín Ruíz por su apoyo técnico.

SE15-10 CARTEL

CAMBIOS EN LA MORFOLOGÍA EN LA PLAYA SUR DE NUEVO VALLARTA, NAYARIT, TRAS EL PASO DE LOS HURACANES DEL 2021

Rivas Ruiz María Magdalena, Sandoval Hernández Erika y Carrillo González Fátima Maciel
Universidad de Guadalajara, UdeG
magdalena.rivas1594@alumnos.udg.mx

Los cambios en la morfología de las playas en México han sido poco estudiadas, sin embargo estas juegan un papel importante ambiental y económico por lo que es de vital importancia saber sus características. En el presente trabajo se estudio la playa sur de Nuevo Vallarta, Nayarit, desde el río Ameca hasta el Marivel Emoution Resort and Suits, con el fin de analizar los cambios morfológicos tras el paso de ciclones tropicales. El periodo de estudio es de marzo de 2021 a marzo de 2022. Se realizaron 5 levantamientos topográficos para determinar los cambios en el volumen de arena antes, durante y después del paso de los ciclones tropicales que afectaron la región de estudio. Los resultados muestran que aunque inicialmente la temporada de lluvias y el paso del primer ciclón tropical erosionó la playa, los siguientes ayudaron a que se recuperara parte del volumen de arena perdido.

SE15-11 CARTEL

EVALUANDO LA RESPUESTA DE LA PLAYA EN LA COSTA DE YUCATÁN A DIFERENTES ESCALAS ESPACIALES Y TEMPORALES

Torres-Freyermuth Alec¹, López-Ramade Eduardo¹, Medellín Gabriela¹, Arriaga Jaime², Gómez-Liera Juan A.¹, Franklin Gemma Louise³, Uribe Abigail⁴, Appendini Christian M.¹ y Salles Paulo¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Delft University of Technology

³CONACYT - UNAM

⁴Kalanbio, A.C./HarTe Research Institute
atorresf@ii.unam.mx

La variación de la línea de costa es controlada por el transporte longitudinal y transversal asociado a procesos de diferentes escalas. La costa de Yucatán se caracteriza por brisas marinas que generan oleaje poco energético, pero con alto ángulo de incidencia responsable del transporte litoral de este a oeste. Asimismo, esta zona está afectada por perturbaciones naturales y antropogénicas. Las tormentas, asociadas a los frentes fríos y tormentas tropicales, generan mayor potencial del transporte transversal y cambios en el transporte litoral en escalas de

días. Por otro lado, la generación de ondas de arena induce gradientes locales en la orientación de la línea de costa y el ancho de playa. La dinámica es alterada fuertemente por la presencia de estructuras costeras permanentes (Puertos de Abrigo) y temporales (espigones y rompeolas) que interrumpen el transporte litoral. Por lo tanto, entender el papel de estos factores en la posición de la costa es fundamental para el desarrollo de herramientas que contribuyan a mejorar la toma de decisiones en la costa. En este trabajo se analizan imágenes de satélite, vuelos de Vehículos Aéreos No Tripulados, y mediciones topo-batimétricas de alta resolución, en combinación con datos de oleaje y nivel del mar, con el propósito de identificar la resistencia de la línea de costa a los diferentes tipos de perturbaciones y su capacidad de recuperación. Agradecemos el apoyo técnico por parte de José López González, Gonzalo Uriel Martín Ruíz, y Camilo Valdez Rendón. Este trabajo fue financiado por DUMAC A.C., CONACYT (Cátedras 1146 y TAMU-CONACYT), y la DGAPA-UNAM (PAPIIT).

SE15-12 CARTEL

RESILIENCIA DE PLAYAS ANTE TORMENTAS EN UNA ISLA DE BARRERA DE LA COSTA NORTE DE YUCATÁN

Medellín Gabriela¹, Franklin Gemma Louise², Torres-Freyermuth Alec¹, Gómez-Liera Juan A.¹ y Martín-Ruiz Gonzalo¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CONACYT - UNAM

gmedellinm@iingen.unam.mx

Las islas de barrera son vulnerables a la inundación y erosión durante eventos de tormenta. La costa norte de la península de Yucatán se caracteriza por la presencia de islas de barrera a lo largo del litoral y la incidencia de diferentes tipos de tormentas (Nortes, turbonadas, y tormentas tropicales). Asimismo, el desarrollo de la zona costera se ha incrementado a lo largo de los últimos años por el incremento del turismo en puertos tradicionalmente pesqueros como es el caso del Puerto de Sisal. Sin embargo, la dinámica de la costa asociada a tormentas no es considerada en el desarrollo de zonas urbanas e infraestructura. Es por ello necesaria la evaluación de los efectos de las tormentas en las corrientes, hidrodinámica, y morfología para determinar la resiliencia de las playas ante tormentas. Se cuenta con mediciones atmosféricas (viento, presión atmosférica, temperatura), oceánicas (oleaje, corrientes, nivel del mar) y costeras (morfología de playas y cota de inundación) que permiten la caracterización de las tormentas en el sitio de estudio y la evaluación del efecto e impacto de éstas, así como de la resiliencia del sistema ante distintos eventos. A partir de las mediciones, se ha observado que, aun cuando las tormentas son frecuentemente asociadas a erosión e inundación de playas, en la costa norte de Yucatán puede ocurrir un incremento en la elevación y el volumen de arena en la parte superior de la playa tras el paso de tormentas, de tal manera que el perfil de playa aumenta su capacidad para soportar futuras tormentas y se vuelve menos vulnerable a inundaciones. Por otra parte, los datos de campo sugieren que las barras de arena sumergidas muestran una migración hacia la costa durante la temporada de tormentas (otoño-invierno), en algunos casos fusionándose con la playa incrementando el volumen de la misma. En este trabajo se realizará una caracterización de las distintas respuestas de la playa ante las tormentas y se utilizará un modelo basado en procesos para identificar cuáles son las condiciones de morfología de la playa que contribuyen a una mayor resiliencia. Agradecemos el financiamiento proporcionado por la UNAM y el CONACYT a través de los programas PAPIIT DGAPA (proyecto IA101422) y Cátedras (proyecto 1146), así como a José López González y Camilo Rendón por su apoyo técnico.

SE15-13 CARTEL

LA RESILIENCIA COMO ELEMENTO DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO FRENTE A LAS INUNDACIONES PROVOCADAS POR EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Canul-Macario Cesar¹, Pacheco-Castro Roger², González-Herrera Roger¹ y Salles Paulo²

¹Universidad Autónoma de Yucatán, UADY

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM
cesar.canul@correo.uady.mx

La gestión de los acuíferos cársticos es compleja ya que almacenan importantes volúmenes de agua, tienen una alta permeabilidad y son vulnerables a la contaminación superficial. Desde la perspectiva de los sistemas de drenaje pluvial (SPD), algunos de estos acuíferos sugieren que las estructuras de drenaje (pozos) son eficientes para el desalojo de agua pluviales. Sin embargo, pueden verse comprometidas cuando el nivel estático es somero y éste se eleva debido a recargas extraordinarias. La ciudad de Mérida Yucatán México ejemplifica cómo la gestión de los SDP puede verse afectado por eventos hidrometeorológicos extremos (EHE), como ejemplo de estos eventos. Se han comparado dos EHE (Cristóbal y Gamma-Delta en 2020) con lo observado en los registros de hasta 30 años anteriores. Se han analizado las series de tiempo de carga piezométrica con un análisis de trayectoria de siete sitios de monitoreo durante un EHE y se ha caracterizado el comportamiento crítico en la hidráulica de 79 registros en pozos pluviales. Los resultados muestran que (a) en años recientes se han observado condiciones extremas no vistas en años anteriores, (b) que los SDP serán inutilizados durante al menos 20 días debido a EHE's; y que después un EHE, (c)

se alcanzan nuevos niveles piezométricos de equilibrio que hacen más vulnerables a las poblaciones a inundaciones debido a la cercanía del nivel del terreno con el nivel del agua subterránea por hasta 160 días. Estas condiciones se agudizan con las proyecciones de cambio climático. Este estudio discute si el enfoque tradicional de los SDP es adecuado o se deben desarrollar estrategias de adaptación a futuro o se requiere de nuevos enfoques para afrontar estos retos.

SE15-14 CARTEL

RESILIENCIA DE LA BOCANA DE LA LAGUNA DE LA CARBONERA, MONITOREO MORFOLÓGICO DE LARGO PLAZO.

Paladio Hernández Alejandro¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, Arriaga Jaime² y López González José¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²TU Delft

apaladioh@ingen.unam.mx

Este trabajo hace parte de un estudio para analizar el crecimiento y evolución de las lenguas de arena que pueden formarse bajo ciertas condiciones hidrodinámicas en las bocas lagunares. La hidrodinámica y el transporte de sedimento dan forma a la costa, por un lado, la retroalimentación positiva continua entre el sedimento y la hidrodinámica puede desarrollar estructuras de arena, las cuales se comportan de manera conjunta/unida; por otro lado, la retroalimentación negativa tiende a difundirlas. Las lenguas de arena son comunes en ambientes dominados por oleaje; con suficiente suministro de arena, pueden evolucionar cientos de metros, afectando la circulación de agua en canales, modificando su eficiencia hidráulica. Nos enfocamos en la bocana de La Carbonera, ubicada en la costa noroeste de Yucatán, donde se formó y desarrolló, y por más de 30 años se ha visto destruida y reconstruida. La lengua es monitoreada desde su formación en 1988, cuando el huracán Gilberto abrió la boca, hasta el 2020. La costa se caracteriza por ser micromareal y con alturas de ola menores a 0.4m (marzo-septiembre) con periodos menores a 5s, y ante la presencia de eventos de alta energía (frentes fríos y tormentas), las olas alcanzan hasta 2.5m a 10m de profundidad (octubre-febrero), y periodos de 12s. El estudio lo dividimos en dos etapas, la primera utilizamos fotografías aéreas de la zona y datos hidrodinámicos (oleaje WAVEWATCH-III, marea con MARV); en la segunda etapa, desde 2017, utilizamos Modelos Digitales de Elevación (MDE) generados con percepción remota con drones, georeferenciando cada imagen, así como variables hidrodinámicas medidas en campo (oleaje, marea y nivel de la superficie libre en varias estaciones de la laguna, y aportes de agua dulce a través de ojos de agua). Con los resultados nos apoyamos para establecer las etapas morfológicas de la lengua, durante la formación observamos que después de que se abrió la boca, y con el excedente de sedimento que dejó el paso del Huracán, se forma una saliente en lado Este, posteriormente esta saliente es el punto de inicio para la formación de la lengua, con el oleaje predominante del NE, el flujo de energía longitudinal es suficiente para mover y acumular arena frente al canal, sin cerrarlo. La morfología de la lengua durante el paso de eventos extremos se modifica de acuerdo con el umbral de energía, cual el umbral es bajo ($H_s < 2.0m$) la lengua se consolida, cuando el umbral es alto ($H_s > 2.0m$) esta se rompe. La metodología presentada proporciona una herramienta completa para caracterizar el comportamiento morfológico de la lengua, y los resultados generan un mayor entendimiento del comportamiento dinámico de una lengua de arena de gran tamaño (Longitud > 1km). Este es un primer paso para evaluar la resiliencia de este sistema semi cerrado (considerando el canal, la laguna y la lengua como el sistema), y la capacidad que tiene de mantener su operatividad ante las cargas permanentes como el transporte longitudinal y la temporada anual de eventos extremos (tormentas/Nortes).

Sesión especial

HIDROACÚSTICA APLICADA EN LA GEOFÍSICA MARINA: EXPERIENCIAS Y ALCANCES EN LA REGIÓN

Organizadores

Leonardo José Figueroa Albornoz
Vicente Carrasco Molina
Rafael Cossío González

SE16-1

SEAFLOOR AND SHALLOW SUBSURFACE MAPPING OF THE JALISCO SUBDUCTION ZONE EMPLOYING THE KONGSBERG EM300 AND TOPAS HYDROACOUSTIC SYSTEMS.

Bandy William y Mortera Gutiérrez Carlos A.
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
bandy@geofisica.unam.mx

In 2006, the Kongsberg EM300 multibeam bathymetric system and the Kongsberg TOPAS PS18 sub bottom seismic profiler were installed aboard the B.O. EL PUMA, a Norwegian built, 50 meter, steel hulled, oceanographic research vessel based in Mazatlan, Sinaloa, and belonging to the Universidad Nacional Autónoma de México. Since the installation of these state of the art equipment, the Marine Geophysics group at the Instituto de Geofísica (IGF), UNAM, have been systematically mapping the seafloor and shallow subsurface of the Jalisco Subduction Zone (the northern part of the Middle America Trench) between Manzanillo Puerto Vallarta. As a separate initiative, mapping was done in the Northern part of the Rivera Plate. The success of this systematic mapping led in large part to the creation of a formal marine cartographic laboratory (LUCO) at UNAM, as well as the development of a Marine Geophysical database at the IGF. This talk will present the main results of the systematic mapping projects which serve to illustrate the complex morphotectonic elements of this area, including the Bahía de Banderas and the Banderas Block, the Iplala Canyon, the continental slope area offshore of Manzanillo, and the complex area of the boundary between the Rivera and Cocos plates.

SE16-2

LA IMPORTANCIA DE LA BATIMETRÍA MULTIHAZ Y EL BACKSCATTER EN EL ANÁLISIS DE LOS FONDOS MARINOS Y LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS PRESENTES. ¿EXISTEN DIFERENCIAS EN LOS MÉTODOS DE PROCESAMIENTO DE LOS DATOS PARA SU ANÁLISIS?

Pérez Calderón Daniel Armando, Bandy William y Mortera Gutiérrez Carlos A.
Instituto de Geofísica, UNAM
danielp@igeofisica.unam.mx

Los fondos marinos y su morfología han podido ser estudiados debido a las diferentes tecnologías actuales en adquisición de datos geofísicos, partiendo de parámetros físicos que permiten detectar las variaciones del lecho marino, así como las del subsuelo. Desde equipos hidroacústicos monohaz que realizan registro en perfiles hasta los equipos multihaz que realizan la adquisición de manera lateral, cubriendo una mayor extensión en detección de variaciones del piso oceánico, estos equipos hidroacústicos han evolucionado, permitiendo realizar una adquisición de valores con mayor detalle y hasta cuadruplicado la cantidad de información adquirida. Asimismo, también permiten el registro de valores en la columna de agua asociados a anomalías como lo son las ventillas hidrotermales. No obstante, el resultado de dicha adquisición se observa hasta realizar el post-procesamiento, ya que la calidad de los datos adquiridos se observa en el producto final, el cual, en la mayoría de los casos, es la generación de mapas batimétricos o conocida como topografía subacuática. Esto dependerá en gran medida, de la calidad de la adquisición, el equipo hidroacústico usado, pero también del software con que se realice el procesamiento y el analista que lo realice. Muestra de ello, se compara un mapa obtenido después de procesar la batimetría multihaz con dos softwares diferentes. Los resultados muestran un cambio drástico del comportamiento de las estructuras geológicas y la morfología del lecho marino al realizar un mapa cartográfico del piso oceánico de batimetría multihaz y la retrodispersión del piso oceánico (backscatter), parámetro que se registra simultánea y exclusivamente con la batimetría multihaz, con la que es posible clasificar la dureza de las estructuras geológicas o hacer el análisis de la sedimentación en el lecho marino.

SE16-3

EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA CON ECOSONDAS MULTIHAZ Y SUS APLICACIONES.

Cossío González Rafael
Kongsberg Maritime México, KM
rafael.cossio.gonzalez@km.kongsberg.com

Los sistemas multihaz son ampliamente utilizados para la obtención de información principalmente batimétrica, sin embargo, las prestaciones de los sistemas modernos no se limitan a ofrecernos esto si no que nos permite tener valiosa información de otros parámetros como el "backscatter" del fondo marino o detección de diversos objetos o características en la columna de agua. En esta presentación, nos enfocaremos principalmente en la información que puede ser extraída de la columna de agua y daremos una sinopsis de las aplicaciones que podemos darle a estos resultados. Comúnmente esta información era pasada por alto por la complejidad computacional para su adquisición, procesamiento y la demanda de espacio de almacenamiento que estos datos requieren. Sin embargo, desde hace algunos años, estas limitaciones fueron superadas y el rendimiento de las computadoras actuales permite el almacenamiento y el post-procesamiento de grandes cantidades de datos y, por lo tanto, los datos de la columna de agua emergen como una nueva opción de estudio. Se espera que, en un futuro cercano, esta información sea incorporada como parte clave de los resultados en los levantamientos realizados con ecosondas multihaz. Se presentarán de manera breve ejemplos de procesamiento de esta información, así como algunas de sus aplicaciones, tales como, pesquería, control de calidad en el desempeño de la propia ecosonda, interferencias de otros sonares, detección de pecios, fallas en la detección de fondo, fauna marina, cambios en las propiedades físicas de la columna de agua, emanaciones de gas, detección de objetos, entre otros.

SE16-4

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN PLATAFORMAS DE INVESTIGACIONES MARINAS APLICADAS A LA GEOFÍSICA.

Carrasco Molina Vicente
Kongsberg Maritime
vicente.carrasco@km.kongsberg.com

La importancia que están recobrando la presencia de las ciencias marinas para el desarrollo que garantice la sostenibilidad de las diferentes aplicaciones marinas es mayúscula. La expansión de la economía azul en la explotación de recursos marinos en nuevos ámbitos y la concienciación de la protección de medio marino cada vez más extendida, impulsan la implementación de las nuevas tecnologías en la monitorización, la toma muestras y de datos, así como las observaciones en las diversas disciplinas de las ciencias marinas. Toda esta demanda de nuevos medios de observación nos reclama nuevas metodologías que van más allá de las áreas de cobertura y series temporales tradicionales. Las plataformas flotantes en superficie se están viendo complementadas por vehículos de operaciones remotas tanto submarinas como de superficie, observatorios submarinos que nos permiten monitorizar el fondo durante largos periodos de tiempo. De modo, que todos estos desarrollos aumentan nuestras capacidades y reducen sustancialmente los costes de operación. La integración de diversas tecnologías que combinan avanzadas soluciones de comunicaciones tanto aéreas como submarinas, con la incorporación de la Inteligencia Artificial y otros desarrollos de otra índole, nos permiten desarrollar nuevas operaciones en nuevas plataformas, que multiplica nuestro modo de trabajo desde el punto de vista productivo y de la calidad de los datos adquiridos. Durante esta presentación se analizará cada una de las tendencias en el uso de nuevas plataformas que van a cambiar sustancialmente el futuro de la vida en el mar.

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizadores

Ruth Cerezo Mota
Arturo Iglesias Mendoza

SE18-1

INTERACCIONES ENTRE ATMÓSFERA, BIOSFERA, E HIDROSFERA CON LA SOCIEDAD EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Martínez Arroyo Amparo
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
amparo@atmosfera.unam.mx

A medida que el estudio de la Tierra ha avanzado, la observación, el análisis y la comprensión de los elementos que la caracterizan y de sus interacciones, han dado lugar al desarrollo de diversos campos del conocimiento que van creciendo en complejidad. A la investigación sobre las conexiones entre procesos bióticos y abióticos, entre inventarios y flujos globales a través de las diferentes esferas o compartimentos distinguibles de nuestro planeta, se suma ahora la necesidad de integrar el papel de los seres humanos en la comprensión de la dinámica planetaria. No hay duda de la influencia recíproca entre la vida y los componentes hídricos, gaseosos y sólidos de la Tierra. Conceptos como la Noosfera y el Antropoceno, vislumbrados siglos antes, pero desarrollados en el siglo XX dan contexto a nuevos enfoques científicos para este siglo, en un mundo heterogéneo que experimenta cambios no lineales en el clima y en el ambiente regional y global. Un mundo en el que las sociedades humanas, más conectadas e informadas que nunca, deben tomar decisiones que cambien las bases de su relación con el medio ambiente. En esta charla se expondrán los fundamentos físicos y biogeoquímicos del funcionamiento planetario actual y el cambio climático, relacionándolos con las perspectivas para la biodiversidad y el desarrollo de las sociedades humanas. Se revisarán brevemente los escenarios nacionales e internacionales existentes para enfrentar el cambio climático y se compartirán ideas sobre el potencial de los científicos y las universidades, de nuestro país en particular, para contribuir positivamente a este esfuerzo.

SE18-2

LA CROMOSFERA SOLAR: SU MONITOREO DESDE EL LACIGE-UNAM

Rodríguez Mario
Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM
mrodriguez@enesmorelia.unam.mx

La región más baja de la atmósfera del Sol es conocida como la Cromosfera Solar, visible en el óptico durante los eclipses totales de Sol. Tiene un espesor que se extiende hasta los 2,000 km por encima de la superficie visible (fotosfera) de nuestra estrella. Es una capa delgada que tiene una dinámica propia con una diversidad de fenómenos que son analizados y observados con telescopios en tierra, pero también desde el espacio. El plasma que la conforma, presenta una densidad que es millones de veces más baja que la atmósfera de nuestro planeta y cuyas temperaturas que van desde los 4,700 K en la fotosfera hasta cerca de los 10,000 K en su parte más alta. Presenta también otras características como los filamentos solares y las prominencias, que comúnmente pueden ser observadas a través del uso de filtros especiales como los H-Alpha (656.28 nm) e incluso pueden ser observadas lo que se conoce como regiones activas. Estas características son estudiadas y monitoreadas desde el Laboratorio de Ciencias GeoEspaciales (LACIGE, www.lacige.unam.mx) de la ENES Morelia, UNAM, con la finalidad de estudiar la dinámica de esta región en nuestra estrella. La plática versará sobre el conocimiento de la cromosfera y fotosfera solar en el contexto de la actividad solar, la importancia de su estudio e impacto en términos de la dependencia tecnológica actual en nuestra sociedad.

SE18-3

REPEATING LARGE EARTHQUAKES ALONG THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE

Singh Shri Krishna¹, Fernández Raúl Daniel², Santoyo Miguel Ángel¹ y Iglesias Arturo¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
krishnamex@yahoo.com

Repeating large earthquakes ($M \approx 7$) whose waveforms are nearly identical have not been documented in the literature even though they should be expected from the

characteristic earthquake model. Here we report on three sequences of repeating large earthquakes along the Mexican subduction zone: in eastern and western Oaxaca, and in southeast Guerrero. The waveforms of the earthquakes in each sequence, on Galitzin seismograph at DeBilt, Netherlands, are strikingly similar. The repeating earthquakes in eastern Oaxaca occurred on 23 March 1928 (Ms7.5), 23 August 1965 (Mw7.5, Ms7.6), and 26 June 2020 (Mw7.4, Ms7.4); in western Oaxaca on 4 August 1928 (Ms7.4) and 2 August 1968 (Mw7.3, Ms7.2); and in Guerrero (near Acapulco) on 11 May 1962 (Ms7.0) and 8 September 2021 (Mw7.0; Ms7.0). Similarity of waveforms of earthquakes in each sequence suggests that they ruptured roughly the same area. Moment rate functions of all of these events are remarkably simple. Seismic observation suggest that the plate interface consists of discrete asperities whose frictional properties persist over time. There is little interaction between the asperities so that the characteristic earthquake model prevails.

SE18-4

FASE-W: 15 A AÑOS DE SOLUCIONES FOCALES A MUY LARGO PERÍODO

Rivera Luis
Institut Terre & Environnement Strasbourg, Ecole et
Observatoire de Sciences de La Terre, Université de Strasbourg
luis.rivera@unistra.fr

En el contexto de una respuesta precoz a la ocurrencia de un terremoto, la estimación de la magnitud y del mecanismo focal juegan un papel preponderante. Esto es particularmente cierto en ambientes de subducción, en donde ambos factores son cruciales para determinar el potencial del sismo a generar un tsunami destructor. Hasta hace algunos años era necesario esperar por lo menos varias horas antes de tener una estimación robusta de esos parámetros. Después del sismo de Sumatra en 2004 (Mw 9.2) en particular, quedó en evidencia la necesidad de un esfuerzo para poder disponer rápidamente de una estimación confiable de los parámetros focales. El algoritmo de inversión de fuente a partir de la fase W es una contribución en ese sentido. Se caracteriza por utilizar ondas de muy largo periodo (100 s-1000 s) que se propagan rápidamente en el manto superior y llegan a la estación antes que las ondas superficiales. La alta velocidad de grupo representa una gran ventaja. Por un lado, esto permite un análisis rápido; por el otro, la energía de la fase W está contenida dentro de una corta ventana de tiempo después de la llegada de la onda P y esto facilita la extracción del segmento adecuado de señal sin interferencia de otras fases tardías en especial las ondas superficiales que a menudo saturan la señal para grandes terremotos. El carácter de periodo largo también representa varias ventajas substanciales. En primer lugar está la insensibilidad a las heterogeneidades laterales y a los detalles de la fuente. Un modelo genérico de Tierra y un modelo de falla puntual, incluso para grandes terremotos, son perfectamente apropiados. Otra ventaja del uso de largos periodos es que ellos representan mejor el potencial de tsunami de un terremoto que los datos a más corto periodo. Se requiere una localización y un tiempo origen preliminares, así como una magnitud preliminar, como guía para fijar la banda frecuencial a utilizar. El tensor de momento se obtiene por inversión lineal de las trazas temporales del desplazamiento de la fase W y la posición óptima del centroide se obtiene mediante una búsqueda de malla. A distancias telesísmicas, el método permite la obtención del CMT media hora después del tiempo origen. A escala regional, los resultados están disponibles entre 7 y 15 minutos después del tiempo origen. Desde su primera implementación en 2007, el algoritmo se ha venido enriqueciendo con la experiencia adquirida con los colegas de los diferentes centros nacionales e internacionales donde ha sido implementado: National Earthquake Information Center (US), Pacific Tsunami Warning Center (US), Japan Meteorological Agency (Japón), Earthquake Research Institute (Japón), Servicio Sismológico Nacional (México), Centro Sismológico Nacional (Chile), French Polynesia Tsunami Warning Center (Tahití), etc. Más allá de activar una alerta, un modelo fiable de la fuente es esencial en las horas posteriores a un gran terremoto para estimar los daños causados y planificar adecuadamente las operaciones de rescate.

SE18-5

EL TELESCOPIO ESPACIAL JAMES WEBB

Fierro Gossman Julieta
Instituto de Astronomía, UNAM
julieta@astro.unam.mx

La astronomía pretende comprender el funcionamiento del universo a gran escala: no sólo la formación y evolución de los distintos astros sino del cosmos en su conjunto. A lo largo de esta charla se explicarán las razones principales de construir un telescopio espacial para frecuencias infrarrojas: la búsqueda de exo-planetas y el estudio de las galaxias más distantes. Además se comentarán aspectos sobre su puesta en órbita y operación. Se mencionarán algunas características de la radiación infrarroja y la necesidad de emplear telescopios espaciales para analizar la que emiten distintos tipos de astros. Se explicará el funcionamiento del telescopio Webb y lo que se ha descubierto hasta la fecha empleando los instrumentos que lleva a bordo. La charla finalizará comentando la importancia de vincular la ciencia con la industria, el potencial que se logra con grandes proyectos multinacionales y sobre todo la posibilidad de descubrir objetos celestes hasta ahora ignorados.

ÍNDICE DE AUTORES

Abbruzzini Thalita	CS-7	6	Alcántara Rocío	CS-4	5
Abdullin Fanis*	GET-5	56	Alcocer-Durand Javier	SE01-8 CARTEL	137
Abdullin Fanis	GET-11	57	Alcocer Vazquez Martha Diana*	CCA-3	12
Abdullin Fanis	GET-16	59	Alemán-Gallardo Eduardo Alejandro	SE05-1	148
Abdullin Fanis*	GEOQP-16	76	Alemán-Gallardo Eduardo Alejandro	SE05-6	149
Abdullin Fanis*	SE05-5	149	Alfaro de la Torre Maria Catalina	SE05-8	150
Abdullin Fanis	SE05-18 CARTEL	152	Allen Susan	GEOH-30	49
Abdullin Fanis	SE14-18	179	Allende Arandía Maria Eugenia	OCC-20 CARTEL	89
Acevedo Souza Joao	OCE-1	90	Allende Arandía Maria Eugenia	SE11-1	171
Acevedo Souza Joao	OCE-51 CARTEL	101	Almada Gutiérrez Victor*	SE11-7	172
Aceves Romero Jesús	SE03-3	141	Almaguer Carmenates Yuri*	SE10-3	169
Aceves de Alba Jorge	SE14-14	178	Almaguer Carmenates Yuri	CS-10	7
Acosta Gauna Sofía	CS-10	7	Almaguer Carmenates Yuri	GEOH-15	45
Acosta Gordillo Yordhi	CS-14 CARTEL	8	Almaguer Joselin	EG-5	27
Acosta Guillermo*	AR-4	1	Almaguer Yuri	GET-24 CARTEL	61
Acosta Guillermo*	AR-14 CARTEL	3	Almanza Mosqueda Rodolfo	SE07-4	158
Acosta Ochoa Guillermo	AR-2	1	Almanza Tovar Oscar Gpe.	GEOH-32 CARTEL	49
Acosta Ochoa Guillermo	AR-3	1	Almanza Veloz Víctor	SE03-7	142
Acosta Ochoa Guillermo	AR-5	2	Almanza Víctor	CCA-59 CARTEL	24
Acosta Ochoa Guillermo	AR-15 CARTEL	4	Alonso-Montesinos Joaquín	MSG-11	83
Acosta Solís Gonzalo*	OCE-30	96	Alonso Rodríguez Rosalba	OCC-14	87
Adams David K.	CCA-4	13	Alonso Ruiz Francisco Martín	EG-29 CARTEL	32
Adams David K.	CCA-8	13	Alonso Ruiz Francisco Martín	RN-24 CARTEL	108
Adriano Morán Carmen Cristina	AR-9 CARTEL	2	Alonso Ruiz Francisco Martín	SE07-4	158
Adriano Morán Carmen Cristina	AR-10 CARTEL	3	Alonso Ruiz Francisco Martín	SE07-5	158
Aguayo Ríos Alejandra	GEOH-7	43	Alonso Ruiz Francisco Martín	SE07-11	159
Aguayo Ríos Alejandra	GEOH-33 CARTEL	50	Alonso Ruiz Francisco Martín	SE07-18 CARTEL	161
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-11 CARTEL	66	Alonso Torres Sócrates	GEOH-30	49
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-12 CARTEL	66	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-1	67
Aguilar-Cárdenas Heriberto	SE14-20	180	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-3	67
Aguilar Carrillo de Albornoz Javier	GGA-3	63	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-4	67
Aguilar Daniel	CS-9	7	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-6	68
Aguilar Diego Armando*	GET-7	56	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-8	68
Aguilar Ernesto	SE04-14 CARTEL	147	Alva Valdivia Luis Manuel*	GEOPAL-17 CARTEL	70
Aguilar Galván Fernando	CS-24 CARTEL	11	Alva Valdivia Luis Manuel	SE14-4	176
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-1	53	Alva Valdivia Luis Manuel	SE14-21	180
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-3	53	Alvarado Graef Patricia	SE07-16 CARTEL	160
Aguilar-Madera Carlos Gilberto	GP-7	54	Alvarado Graef Patricia*	SE11-8	172
Aguilar Ojeda Daniel	EG-20	30	Alvarado-Ortega Jesús	SE08-5	163
Aguilar-Rangel Eduardo	CS-4	5	Alvarado Soto Sergio	GEOH-38 CARTEL	51
Aguilar-Rodríguez Ernesto*	FE-1	33	Álvarez Cárdenas Omar	FE-17	36
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-6	34	Álvarez Harry	CCA-57 CARTEL	24
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-10	34	Álvarez Icaza Pastor Guadalupe*	GEOQP-17	76
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-11	34	Álvarez Lima Rene	SIS-10	116
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-13	35	Álvarez-Ospina Harry	CCA-41	21
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-15	35	Álvarez Román	EG-5	27
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-20	36	Álvarez Román	GET-10	57
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-25	37	Álvarez Román*	VUL-12	130
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-27	37	Álvarez Sánchez León Felipe	OCC-14	87
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-31 CARTEL	38	Amador Muñoz Omar	CCA-40	21
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-32 CARTEL	38	Ambriz Medina Ricardo*	CCA-58 CARTEL	24
Aguillón Robles Alfredo	GEOQP-10	74	Ambriz Ricardo	CCA-37	20
Aguillón Robles Alfredo	VUL-2	128	Anaya Guarneros Jonathan	SE05-16	152
Aguirre-Ayala David	OCC-13	87	Anaya Guarneros Jonathan	SE05-19 CARTEL	152
Aguirre Bahena Fernando	OCE-4	90	Andraca Ayala Gema Luz*	CCA-36	20
Aguirre-Diaz Gerardo de Jesús	VUL-2	128	Andraca Ayala Gema Luz	CCA-40	21
Aguirre-Diaz Gerardo de Jesús*	SE08-6	163	Andrade Canto Fernando	CCA-41	21
Aguirre-Diaz Gerardo de Jesús	SE08-7	163	Andrade Ernesto	OCC-24 CARTEL	89
Aguirre-Diaz Gerardo de Jesús	SE08-8	164	Andrade Ernesto	FE-13	35
Aguirre-Diaz Gerardo de Jesús	SE08-9	164	Andrade Ernesto	FE-36 CARTEL	39
Ahumada Sempoal Miguel Ángel	OCE-34	97	Andrade Ernesto	SE04-14 CARTEL	147
Ahumada Sempoal Miguel Ángel	SE03-4	141	Andrade Gómez Luisa	SE03-2	141
Aladro Chio Young Ho	EG-16	29	Andrade Mascote Ernesto	FE-1	33
Aladro Chio Young Ho	EG-19	30	Andrade Mascote Ernesto	FE-6	34
Aladro Chio Young Ho*	EG-28 CARTEL	32	Andrade Mascote Ernesto	FE-15	35
Aladro Chio Young Ho	GET-28 CARTEL	62	Andrade Mascote Ernesto	FE-20	36
Aladro Chio Young Ho	RN-3	103	Andrade Mascote Ernesto	FE-25	37
Alaniz Álvarez Susana Alicia	GET-20 CARTEL	60	Andrade Mascote Ernesto	FE-27	37
Alaniz Álvarez Susana Alicia	GET-23 CARTEL	60	Andrade Mascote Ernesto	FE-32 CARTEL	38
Alaniz Álvarez Susana Alicia	SE03-16	144	Ángeles Edgar	GEOH-6	43
Alatorre Ibarquengiotia Miguel Ángel	SIS-32	120	Ángeles González Luis Enrique	SE15-8	186
Alatorre Zamora Miguel Ángel*	EG-17	29	Ángeles Moreno Edgar	GEOH-5	43
Albarrán Santos Marco Albán*	GET-2	55	Ángeles Moreno Edgar	GEOH-42 CARTEL	52
Albarrán Santos Marco Albán	SE14-24	181	Ángeles Moreno Edgar	GET-21 CARTEL	60
Albuquerque Ana Luiza	CCA-55 CARTEL	23	Antonio Pérez Manuel Salud*	OCE-54 CARTEL	101
Alcalá-Martínez René	CS-6	6	Aparco Lara Jonathan	OCE-28	96
Alcalá-Martínez René	CS-17 CARTEL	9	Aparco Lara Jonathan	OCE-29	96
Alcántara Flores José Luis	CCA-39	20	Aparco Lara Jonathan*	OCE-43	99

Appendini-Albrechtsen Christian M.	SE15-9 CARTEL	187	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena	SE14-6	176
Appendini Christian M.	SE15-11 CARTEL	187	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena	SE14-7	176
Aquino Martínez Lourdes Paola*	CCA-50 CARTEL	22	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena	SE14-31 CARTEL	183
Aragón González Jesús	GEOH-27	48	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena*	SE14-33 CARTEL	183
Arámbula Mendoza Raúl	SIS-44 CARTEL	123	Ávila-Soria Diego	SE01-6 CARTEL	136
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-14	131	Ávila Vargas Óscar	EG-7	27
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-15	131	Ávila Vargas Óscar	EG-30 CARTEL	32
Arámbula Mendoza Raúl*	VUL-16	131	Ávila-Vargas Óscar*	SE14-20	180
Aranda Gómez José Jorge	GET-15	58	Avilés Esquivel Thalia Anaid*	EG-8	27
Aranda Gómez José Jorge	GEOQP-22	77	Avilés Junco Carolina*	CS-7	6
Aranda Gómez José Jorge	GEOQP-24	78	Badillo Leyva Jessica Elizabeth	SE07-13	160
Aranda Gómez José Jorge	VUL-1	128	Balderas González Emily Abigail*	RN-6	104
Aranda Gómez José Jorge	SE05-2	148	Balderas Romero Gabriel	CCA-39	20
Aranda Gómez José Jorge	SE14-12	178	Bandy William	GET-7	56
Aranda Gómez José Jorge*	SE14-13	178	Bandy William*	SE16-1	189
Aranda Gómez José Jorge	SE14-15	179	Bandy William	SE16-2	189
Aranda Gómez José Jorge	SE14-16	179	Baños Andrea	CS-15 CARTEL	9
Aranda Gómez José Jorge	SE14-19	180	Barba-López María del Refugio	SE01-6 CARTEL	136
Arango Galván Claudia	EG-2	26	Barba-López María del Refugio*	SE01-7 CARTEL	137
Arango Galván Claudia	EG-3	26	Barba-López María del Refugio	SE01-8 CARTEL	137
Arango Galván Claudia	EG-9	28	Barbero Leticia	OCE-19	94
Arango Galván Claudia	EG-10	28	Barboza Gudiño José Rafael	SE08-10	164
Arango Galván Claudia	GEOH-19	46	Barboza Gudiño José Rafael	SE10-1	169
Aray Castellanos Jelime	RN-5	104	Barboza Gudiño José Rafael	SE14-14	178
Arce José Luis	VUL-3	128	Barboza Tello Norma Alicia	FE-36 CARTEL	39
Arce S. José Luis	RN-22 CARTEL	108	Barceinas Hermenegildo	CS-11	7
Arciga Morales Andrea	VUL-30 CARTEL	135	Barceñas Castro Maydes*	CCA-29	18
Arciniega Esparza Saul*	GEOH-21	47	Barón Martínez Griselda*	FE-6	34
Arcos Moreno Sergio	SE08-10	164	Barón Martínez Griselda	FE-32 CARTEL	38
Arenas Ortiz Iván Esaú	SE03-17 CARTEL	144	Barón Martínez Griselda	SE04-14 CARTEL	147
Arenivar-Sepúlveda Erick Andrés*	SE06-7	154	Barón-Sevilla Benjamín	EG-21	30
Arenivar-Sepúlveda Erick Andrés	SE06-8	154	Barón-Sevilla Benjamín	GEOQP-13	75
Arévalo-Ruiz Juan Fernando	SE06-6	154	Barragán-Manzo Ricardo	SE08-5	163
Argote Espino Denisse*	SE04-7	146	Barrales Martínez David Ariel*	GEOH-44 CARTEL	52
Arias Esquivel Victor Alejandro*	SE09-2	166	Barrera Moreno Edgardo	SE10-3	169
Arias Martínez Noe	OCC-24 CARTEL	89	Barrón Hernández María de la Luz	GEOH-45 CARTEL	52
Arjona Gutiérrez José Isaac	SE07-1	157	Barrón Sergio Bazán*	GEOQP-25 CARTEL	78
Armienta Hernández María Aurora*	GEOH-7	43	Bastien Olvera Bernardo Adolfo*	CCA-24	17
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-33 CARTEL	50	Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE03-9	143
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-35 CARTEL	50	Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE03-11	143
Armienta Hernández María Aurora	GGA-11 CARTEL	66	Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE03-12	143
Armienta Hernández María Aurora	GGA-12 CARTEL	66	Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE03-14	144
Arredondo Gamez Mayra	OCC-10	87	Basurto-García Alicia Sofía*	SE02-9	139
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-16	29	Batalla Cruz Oscar*	FE-12	35
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-19	30	Batista Cruz Ramón Yosvanis	CS-10	7
Arregui Ojeda Sergio Manuel	GET-28 CARTEL	62	Batista Cruz Ramón Yosvanis*	GEOH-15	45
Arregui Ojeda Sergio Manuel	RN-3	103	Batista Rodríguez José Alberto	CS-10	7
Arregui Ojeda Sergio Manuel	SIS-52 CARTEL	124	Batista Rodríguez José Alberto	GEOH-15	45
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	SED-8	112	Batker David	CCA-24	17
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	SE07-16 CARTEL	160	Bautista Francisco	CS-9	7
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	SE11-8	172	Bautista Francisco	GEOPAL-13	69
Arreola Manzano Jonatán	RN-13	105	Bautista Pueyo Isaac*	GEOH-22	47
Arriaga Jaime	SE15-4	185	Bautista Tadeo Ángel	RN-13	105
Arriaga Jaime	SE15-11 CARTEL	187	Bazán Barrón Sergio	GET-25 CARTEL	61
Arriaga Jaime	SE15-14 CARTEL	188	Bazán Barrón Sergio	GEOQP-26 CARTEL	78
Arrieta García Gerardo	GEOQP-20	77	Bazán Barrón Sergio*	SED-1	111
Arrieta García Gerardo	GEOQP-29 CARTEL	79	Bazán Barrón Sergio*	SED-9 CARTEL	113
Arrieta García Gerardo	SE14-9	177	Bazán Perkins Sergio Dale*	GET-25 CARTEL	61
Arrieta García Gerardo	SE14-10	177	Bazán Perkins Sergio Dale*	GEOQP-26 CARTEL	78
Arrieta Gerardo*	SE14-8	177	Bazán Perkins Sergio Dale	SED-1	111
Arrieta Gerardo	SE14-35 CARTEL	184	Bazán Perkins Sergio Dale	SED-9 CARTEL	113
Arroyo Danny*	SIS-17	117	Becel Anne	SIS-26	119
Arroyo Danny	SIS-31	120	Beier Emilio	OCE-2	90
Arteaga Martínez Dante	MSG-8	82	Beier Emilio	OCE-26	95
Arteaga Martínez Dante*	MSG-9	82	Beier Emilio	OCE-27	95
Arzate Flores Jorge*	SE14-11	177	Beier Emilio	OCE-49 CARTEL	100
Arzate Flores Jorge	SE14-20	180	Bejarano-Lucero Stephany*	SE06-12 CARTEL	155
Arzate Flores Jorge	SE14-34 CARTEL	183	Bello Delia*	SIS-48 CARTEL	123
Atempa Ana*	GP-6	54	Beltrán Martínez Beatriz Coral*	GEOH-42 CARTEL	52
Athié Gabriela	OCE-2	90	Beltrán-Paz Ofelia	CS-3	5
Athié Gabriela	OCE-24	95	Beltrán-Paz Ofelia	CS-6	6
Augustsson Carita	SE05-8	150	Beltrán-Paz Ofelia	CS-16 CARTEL	9
Ávalos Cueva David	CS-23 CARTEL	11	Beltrán-Paz Ofelia*	CS-17 CARTEL	9
Ávalos Cueva David	CCA-29	18	Beltrán Paz Ofelia Ivette	CS-19 CARTEL	10
Ávalos Cueva David	SE01-3	136	Beltrán-Ramos Christopher	GEOH-5	43
Ávalos Cueva David	SE01-8 CARTEL	137	Beltrán Treviño Alejandro	GEOPAL-19 CARTEL	71
Avellán López Denis Ramón	VUL-8	129	Beramendi Orosco Laura	AR-5	2
Avellán López Denis Ramón	VUL-9	130	Beramendi Orosco Laura	AR-6	2
Avellán López Denis Ramón	VUL-19 CARTEL	132	Beramendi Orosco Laura*	AR-7	2
Avellán López Denis Ramón	VUL-20 CARTEL	132	Beramendi Orosco Laura	AR-11 CARTEL	3
Avellán López Denis Ramón	VUL-21 CARTEL	133	Beramendi Orosco Laura	AR-12 CARTEL	3
Avellán López Denis Ramón	VUL-26 CARTEL	134	Berdichevsky Daniel Benjamin*	FE-23	37
Avendaño Diana	CCA-1	12	Bermúdez Anahí	SE09-2	166
Ávila-Barrientos Lenin*	SIS-1	114	Bernal Juan Pablo	GEOQP-17	76
Ávila García Jesus	RN-5	104	Bernal-Manzanilla Karina*	SIS-36	121

Berndt Christian	GET-7	56	Calmus Thierry	GET-27 CARTEL	61
Berumen Saldivar Gustavo	MSG-4	81	Calmus Thierry	SE08-2	162
Berumen Saldivar Gustavo*	MSG-6	82	Calmus Thierry	SE10-3	169
Betancourt Jennifer	GEOQP-11	74	Calmus Thierry	SE10-4	170
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-32	19	Calò Marco	SIS-13	116
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-37	20	Calò Marco	SIS-16	117
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-58 CARTEL	24	Calò Marco*	SIS-21	118
Bezanilla Morlot Alejandro	CCA-59 CARTEL	24	Calò Marco	SIS-36	121
Bezanilla Morlot Alejandro*	CCA-60 CARTEL	24	Calò Marco*	VUL-13	131
Billarent Cedillo Andrea	GET-13	58	Calzonzin Medina María de los Ángeles	CS-24 CARTEL	11
Blancas Vázquez Jorge E.	AR-14 CARTEL	3	Camacho-Ibar Víctor	OCE-19	94
Blanco-Ferrera Silvia	SE05-13	151	Camacho Miguel*	GET-10	57
Blanco Moreno Jesús Antonio	CS-10	7	Camacho Miguel	VUL-12	130
Blanco Moreno Jesús Antonio	GEOH-15	45	Camacho Pérez Adriana Angélica	GEOQP-29 CARTEL	79
Böhnel Harald	GOPAL-9	68	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-21	77
Böhnel Harald	GOPAL-10	69	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-22	77
Böhnel Harald*	GOPAL-12	69	Camarena Vázquez Jesús Guillermo*	GEOQP-23	77
Böhnel Harald	GOPAL-14	70	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-24	78
Böhnel Harald*	GOPAL-15	70	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	VUL-1	128
Böhnel Harald	GOPAL-19 CARTEL	71	Campion Robin	VUL-16	131
Böhnel Harald	GOPAL-20 CARTEL	71	Campos Aguilera Eladio*	SE08-4	163
Böhnel Harald	SE04-3	145	Campos Pineda Mixtli	CCA-59 CARTEL	24
Böhnel Harald*	SE14-1	175	Camprubí i Cano Antoni	GEOQP-14	75
Böhnel Harald	SE14-2	175	Canales Gutiérrez Luis Eutiquio	GEOH-15	45
Böhnel Harald	SE14-16	179	Candela Pérez Julio	OCE-8	91
Böhnel Harald	SE14-31 CARTEL	183	Candela Pérez Julio	OCE-13	92
Böhnel Harald	SE14-32 CARTEL	183	Candela Pérez Julio	OCE-30	96
Böhnel Harald	VUL-6	129	Canet Carles	GEOQP-3	72
Boijseauneau López Mario Emmanuel*	GEOD-7 CARTEL	41	Canet Carles	SE08-2	162
Bojórquez Pacheco Naccieli	GEOD-8 CARTEL	41	Canet Carles*	SE08-11	164
Bojórquez Pacheco Naccieli*	SE11-5	172	Cano-González Laura Sofía	SE06-9 CARTEL	155
Bollasina Massimo	OCE-4	90	Canul César	GEOH-25	48
Bollmann Jörg	GEOQP-6	73	Canul Ku Mario*	RN-19	107
Bolós Xavier	GOPAL-19 CARTEL	71	Canul-Macario Cesar	GEOH-24	47
Bonilla Germán	SE07-5	158	Canul-Macario Cesar*	SE15-13 CARTEL	187
Bonilla Hernández Alan	VUL-4	128	Canul Macario César Alejandro	GEOH-23	47
Bonini Marco	SE01-5 CARTEL	136	Canul Macario César Alejandro	SE15-7	186
Borrego Cortez Hancel de Jesús	OCE-12	92	Canul Reyes Diego Arturo*	SE09-8	167
Bower Amy	SED-8	112	Capra Lucia	RN-15	106
Brabata Domínguez Georgina	CCA-30	18	Capra Lucia	RN-30 CARTEL	109
Bravo Jácome José Avidan	GEOH-23	47	Capra Lucia	RN-32 CARTEL	110
Breña Naranjo José Agustín	SE15-7	186	Capra Lucia	SIS-14	117
Breña Naranjo José Agustín	CCA-24	17	Capra Lucia	VUL-17	131
Briceno Tania	GP-1	53	Carabali Sandoval Giovanni Alberto*	CCA-41	21
Briones Carrillo Jorge Alberto	GP-7	54	Caraballo Ramón*	FE-33 CARTEL	38
Briones Carrillo Jorge Alberto*	GEOH-5	43	Carbajal Martínez Pablo Eliseo	GEOQP-29 CARTEL	79
Briones Gallardo Roberto	GGA-4	64	Carbajal Noel	CCA-10	14
Briones Gallardo Roberto	SE05-15	151	Carbajal Noel	CCA-14	15
Brito-Mejía Lizbeth*	SE14-23	181	Caravilla-Urquí Luis	SE08-2	162
Brocard Gilles	SE14-27	182	Carciumaru Dana*	MSG-5	82
Brocard Gilles	SE14-27	182	Cárdenas Caridad*	SE03-1	141
Buitrón Sánchez Blanca Estela*	PALEO-1 CARTEL	102	Cárdenas Martín	SE04-6	146
Burillo-Montúfar Juan Carlos	SE06-7	154	Cárdenas Monroy Caridad	SE03-15	144
Burillo-Montúfar Juan Carlos	SE06-8	154	Cárdenas Ramírez Arturo B.	SE13-3	173
Burlak Gennadiy*	FE-9	34	Cárdenas-Soto Martín	EG-13	29
Burlak Gennadiy	FE-19	36	Cárdenas-Soto Martín*	EG-18	30
Bustillos-Chávez Anneth Michel	SE06-9 CARTEL	155	Cárdenas-Soto Martín*	EG-20	30
Cabadas-Báez Héctor	CS-12	8	Cárdenas-Soto Martín	SIS-55 CARTEL	125
Caballero-Jiménez Gema Victoria*	VUL-11	130	Cárdenas-Soto Martín	SE04-12	147
Caballero Lizeth	RN-8	104	Cárdenas-Soto Martín	GEOH-30	49
Caballero Lizeth	RN-15	106	Cardona Benavides Antonio	SE15-1	185
Caballero Lizeth	VUL-17	131	Carmona Escalante Armando	GEOH-9	44
Caballero Lizeth*	VUL-18	132	Carranco Lozada Juan Francisco	GEOH-9	44
Caballero Margarita	CCA-1	12	Carranco Lozada Simon Eduardo*	VUL-4	128
Caballero-Miranda Cecilia Irene	SE14-21	180	Carrasco Gerardo*	SE16-4	189
Cabañas José Antonio	SIS-47 CARTEL	123	Carrasco Molina Vicente*	VUL-5	129
Cabello-Suárez Laura Yessenia	CS-23 CARTEL	11	Carrasco Núñez Gerardo	SE08-9	164
Cabral Cano Enrique	RN-7	104	Carrasco-Vega Yessica Viridiana*	GEOH-26	48
Cabral Lares Rocío Magaly	SE06-3	153	Carreón-Freyre Dora Celia	CCA-33	19
Cabral Lares Rocío Magaly	SE06-4	153	Carrera-Hernández Jaime Jesús	GEOH-26	48
Cabral Lares Rocío Magaly	SE06-5	154	Carrera-Hernández Jaime Jesús	SED-3	111
Cabral Lares Rocío Magaly	SE06-14 CARTEL	156	Carrillo-Chávez Alejandro	CCA-48 CARTEL	22
Caccavari Garza Ana	EG-11	28	Carrillo González Fátima Maciel	CCA-54 CARTEL	23
Caccavari Garza Ana	FE-2	33	Carrillo González Fátima Maciel*	GEOH-39 CARTEL	51
Caccavari Garza Ana	GOPAL-18 CARTEL	71	Carrillo González Fátima Maciel	SE15-3	185
Caccavari Garza Ana	SE04-1	145	Carrillo González Fátima Maciel	SE15-10 CARTEL	187
Caccavari Garza Ana*	SE04-4	146	Carrillo González Fátima Maciel	SE01-6 CARTEL	136
Caccavari Garza Ana	SE04-7	146	Carrillo Laura	SE14-6	176
Caccavari Garza Ana	SE04-11	147	Carrillo López Jonathan	SE14-33 CARTEL	183
Caccavari Garza Ana	SE13-5	174	Carrillo López Jonathan	SE14-17	179
Calderón-Bustamante Oscar	CCA-22	16	Carrillo Sánchez David Leonardo*	GOPAL-18 CARTEL	71
Calderón-Bustamante Oscar*	CCA-23	17	Carrillo Vargas Armando	SE04-1	145
Calderón Bustamante Oscar	CCA-26	17	Carrillo Vargas Armando*	SE04-2	145
Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	CCA-42	21	Carrillo Vargas Armando	SE04-4	146
Calderón Moctezuma Armando*	EG-5	27	Carrillo Vargas Armando	SE04-7	146
Calderón Moctezuma Armando	EG-6	27	Carrillo Vargas Armando		

Carrillo Vargas Armando	SE04-11	147	Chapa Guerrero José Rosbel	GET-26 CARTEL	61
Carrillo Vargas Armando	SE04-12	147	Chaparro Marcos Adrián Eduardo	SE04-3	145
Carrillo Vargas Armando	SE13-5	174	Chaparro Mauro Alejandro Eduardo	SE04-3	145
Carrion Viramontes Francisco Javier	GEOD-2	40	Chassignet Eric	OCE-38	98
Casas Peña Juan Moisés	SE05-1	148	Chávez Bruno	CS-11	7
Casas Peña Juan Moisés*	SE05-8	150	Chávez Bruno	CS-21 CARTEL	10
Casillas Aviña Gael Emiliano	CCA-56 CARTEL	23	Chávez Cabello Gabriel	GET-15	58
Castañeda Leonides Fausto*	GGA-8	65	Chávez Cabello Gabriel	SE14-12	178
Castañeda Narvaez Erik*	SE14-5	176	Chávez Cabello Gabriel	SE14-13	178
Castañeda Serrano María del Pilar	CCA-36	20	Chávez Cabello Gabriel*	SE14-15	179
Castellanos Olvin	SE14-18	179	Chávez Cabello Gabriel	SE14-16	179
Castellanos Velazco Carlos Isaac*	FE-2	33	Chávez Cabello Gabriel	SE14-19	180
Castillo Aguilar Saúl	SIS-10	116	Chávez Cabello Gabriel	SE14-30 CARTEL	182
Castillo Athenea*	GEOQP-19	76	Chávez Cabello Gabriel	SE14-32 CARTEL	183
Castillo Miguel	SED-2	111	Chávez Chavarría Iván	SIS-53 CARTEL	125
Castillo Pensado Juan Luis	EG-29 CARTEL	32	Chávez Dagostino Miguel	CCA-44	21
Castillo Pensado Juan Luis	RN-24 CARTEL	108	Chávez Hernández Guillermo	SIS-38	121
Castillo Pensado Juan Luis	SE07-4	158	Chávez Lara Claudia Magali*	CCA-1	12
Castillo Pensado Juan Luis	SE07-5	158	Chávez Sánchez Carla Sofia*	SE03-9	143
Castillo Pensado Juan Luis	SE07-11	159	Chávez Segura Rene*	EG-11	28
Castillo Pensado Juan Luis	SE07-18 CARTEL	161	Chávez-Vergara Bruno	CS-6	6
Castillo Reynoso Juan Carlos*	GET-13	58	Chávez-Vergara Bruno	CS-17 CARTEL	9
Castillo Reynoso Juan Carlos*	SE07-9	159	Chávez Vergara Bruno Manuel*	CS-3	5
Castillo Rodríguez Keila*	VUL-28 CARTEL	134	Chávez Vergara Bruno Manuel*	CS-16 CARTEL	9
Castillo Román José	GEOQP-28 CARTEL	79	Chávez Vergara Bruno Manuel	CS-19 CARTEL	10
Castro Artola Oscar	SIS-22	118	Chavoya Gama Jorge Ignacio	CCA-48 CARTEL	22
Castro Artola Oscar	SIS-31	120	Chigna Marroquín Gustavo Adolfo	VUL-17	131
Castro Artola Oscar*	SIS-32	120	Chin Canche Guillermo Adrian*	CCA-44	21
Castro Artola Oscar	SIS-45 CARTEL	123	Chokmani Karem	SE03-8	142
Castro César	EG-30 CARTEL	32	Christen Andrés	SIS-9	115
Castro Chacón Joel Humberto	FE-36 CARTEL	39	Chun-Quinillo Kevin*	VUL-17	131
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SIS-2	114	Chuzeville Rosas Catherine Etienne	SE01-5 CARTEL	136
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-3	114	Cid-Villegas Gonzalo	GET-20 CARTEL	60
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-5	115	Cifuentes Nava Gerardo	EG-11	28
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-28	119	Cifuentes Nava Gerardo	EG-18	30
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-60 CARTEL	126	Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-18 CARTEL	71
Castro Larragoitia Guillermo Javier	SE14-17	179	Cifuentes Nava Gerardo	SE04-1	145
Castro Liera Iliana	OCE-9	91	Cifuentes Nava Gerardo	SE04-4	146
Castro Liera Marco Antonio	OCE-9	91	Cifuentes Nava Gerardo*	SE04-6	146
Castro Márquez Christian Rafael*	EG-29 CARTEL	32	Cifuentes Nava Gerardo	SE04-7	146
Castro Soto César	EG-7	27	Cifuentes Nava Gerardo	SE04-9	146
Cavazos-Álvarez Jaime	VUL-4	128	Cifuentes Nava Gerardo	SE04-11	147
Cavazos Álvarez Jaime Alberto*	VUL-5	129	Cifuentes Nava Gerardo	SE13-5	174
Cavazos Tereza	SE11-6	172	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-9	130
Cayetano-Salazar Mario	CS-4	5	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-19 CARTEL	132
Cazares Moreno Alexandra Daniela*	GEOQP-21	77	Cisneros-Máximo Guillermo*	VUL-22 CARTEL	133
Cazares Moreno Alexandra Daniela	GEOQP-22	77	Cisneros Sebastian*	OCE-21	94
Cazares Moreno Alexandra Daniela	GEOQP-24	78	Cisneros Sebastian	OCE-24	95
Cedillo Candelas Miriam Judith*	GGA-1	63	Cisneros de León Alejandro	SE14-26	181
Cejudo Ruiz Fredy Ruben*	CS-9	7	Clayton Robert W.	SIS-33	121
Cejudo Ruiz Fredy Ruben	GEOPAL-2	67	Clemente Chávez Alejandro*	SIS-27	119
Cejudo Ruiz Fredy Ruben	GEOPAL-7	68	Clemente Chávez Alejandro*	SIS-29	120
Cejudo Ruiz Fredy Ruben	GEOPAL-11	69	Clemente Chávez Alejandro*	SIS-30	120
Cejudo Ruiz Fredy Ruben	GEOPAL-13	69	Clouthier López Jorge	CCA-30	18
Cejudo Ruiz Fredy Ruben	GEOPAL-16	70	Coco Giovanni	OCC-7	86
Cejudo Ruiz Fredy Ruben*	SE04-2	145	Coco Giovanni	OCC-8	86
Celis Lourdes Berenice	GGA-4	64	Colás Ginés Vanessa	GEOQP-14	75
Celis Samuel*	SIS-18	117	Colás Ginés Vanessa	GEOQP-27 CARTEL	79
Ceniceros Bombela Nora	GEOH-14	45	Colás Ginés Vanessa*	SE05-6	149
Ceniceros Gómez Agueda Elena	CS-14 CARTEL	8	Colás Ginés Vanessa	SE05-7	149
Ceniceros Nora Elia	GEOQP-19	76	Colavitti Leonardo	SIS-2	114
Cepeda Villarreal José Orlando	SE14-30 CARTEL	182	Colorado Ruiz Gabriela	CCA-6	13
Cerca Fernanda	VUL-18	132	Compte Diana	SIS-33	121
Cerda Chacon Juan Carlos*	OCE-16	93	Condado-Mejía Paola	CS-3	5
Cerda Chacon Juan Carlos	OCE-53 CARTEL	101	Condit Cailey B.	GEOQP-18	76
Cerda Molina Luz María*	RN-26 CARTEL	108	Constable Steve	EG-8	27
Cerezo-Mota Ruth	OCE-2	90	Constable Steve	EG-9	28
Cerezo-Mota Ruth*	SE11-6	172	Conte Marc	CCA-24	17
Cerón González Axel*	SE03-3	141	Contreras Alvarado Lilibeth Zaira*	SIS-49 CARTEL	124
Cervantes-García Norma Desiree	GGA-10	65	Contreras López Manuel	EG-3	26
Cervantes Miguel	GEOPAL-13	69	Contreras López Manuel	EG-10	28
Cervantes Omar*	SE15-2	185	Contreras López Manuel	EG-19	30
Cervantes Pérez Juan	CCA-52 CARTEL	23	Contreras-López Manuel	SE14-6	176
Cervantes Solano Miguel	GEOPAL-7	68	Contreras López Manuel*	SE14-7	176
Cervantes Solano Miguel*	GEOPAL-11	69	Contreras López Manuel	SE14-29 CARTEL	182
Cervantes Solano Miguel	GEOPAL-16	70	Contreras López Manuel	SE14-31 CARTEL	183
Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth	GEOQP-10	74	Contreras López Manuel	SE14-33 CARTEL	183
Cetina Heredia Paulina*	SE11-1	171	Contreras Pacheco Yéssica Vanessa*	OCE-23	94
Cetina Heredia Paulina*	SE15-8	186	Contreras Tereza Víctor Kevin*	CCA-30	18
Chacón Anguiano Karla Gabriela*	OCE-50 CARTEL	100	Contreras Tereza Víctor Kevin	CCA-38	20
Chacón Elizabeth*	PALEO-2 CARTEL	102	Contreras Tereza Víctor Kevin	OCC-18	88
Chacón de la Rosa Samuel	AR-1	1	Contreras Tereza Víctor Kevin	SE02-11	140
Chakraborty Megha	SIS-19	118	Contreras Tereza Víctor Kevin	SE11-3	171
Chang Oyuki	FE-6	34	Contreras Trejo Iván	MSG-15	84
Chapa Balcorta Cecilia	SE03-4	141	Contreras Trejo Iván Germán*	MSG-10	83

Corbo Fernando	EG-7	27	De León Miguel Angel	VUL-30 CARTEL	135
Corbo Fernando	EG-30 CARTEL	32	De Plaen Raphael Serge M.	SIS-44 CARTEL	123
Corbo Fernando	GEOH-26	48	De Santos Medina Ana Lucia	OCE-14	92
Corbo Fernando	VUL-4	128	De la Cruz Jiménez Denis Lizette	SE07-1	157
Corbo Fernando	SE04-3	145	De la Cruz-Reyna Servando*	VUL-7	129
Corbo Fernando	SE14-11	177	De la Cruz-Reyna Servando	VUL-11	130
Corbo Fernando	SE14-20	180	De la Cruz Salas Luis Miguel*	SE03-5	142
Córdoba Fernanda	CCA-57 CARTEL	24	De la Garza Rodríguez Iliana Margarita	GEOH-15	45
Córdoba Francisco*	SIS-22	118	De la Luz Rodríguez Víctor	FE-16	35
Córdoba Montiel Francisco	SIS-12	116	De la Rosa José	FE-35 CARTEL	39
Cordova Carlos	AR-2	1	De la Rosa José Guadalupe	CS-20 CARTEL	10
Cornuelle Bruce	OCC-3	85	De la Torre Castilleja Stephanie*	FE-24	37
Corona Aguilar Lizeth Rubí*	FE-10	34	De la Torre Martínez Cristian Daniel*	OCE-47 CARTEL	100
Corona Chávez Pedro	GEOQP-2	72	Dean Anderson Ranchy	SIS-27	119
Corona Chávez Pedro	VUL-22 CARTEL	133	Defrance Dimitri	CCA-22	16
Corona Chávez Pedro	SE14-9	177	Dekkers Mark	GEOPAL-20 CARTEL	71
Corona Chávez Pedro	SE14-10	177	Del Pilar Martínez Alexis	GET-22 CARTEL	60
Corona Fernández Raúl Daniel	SIS-31	120	Del Pilar Martínez Alexis*	GET-27 CARTEL	61
Corona Romero Pedro	FE-2	33	Del Razo González Abraham*	EG-27 CARTEL	31
Corona Romero Pedro	FE-15	35	Del Rio Salas Rafael	SE10-3	169
Corona Romero Pedro*	FE-28	38	Del Rio Salas Rafael*	SE10-6	170
Corona Romero Pedro	FE-33 CARTEL	38	Delgado Argote Luis Alberto	EG-3	26
Coronado Eva	SE15-5	186	Delgado Argote Luis Alberto	EG-10	28
Cortés Guerrero Juan Daniel	CS-24 CARTEL	11	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-13	75
Cortés José Luis	CS-9	7	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-21	77
Cortés López Lizeth*	RN-32 CARTEL	110	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-22	77
Cortés Martínez Mara Yadira	OCE-4	90	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-23	77
Cortés Martínez Mara Yadira	SED-8	112	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-24	78
Cortés Silva Alejandra*	GEOH-12	44	Delgado Argote Luis Alberto	SE14-1	175
Cortés Silva Alejandra	GEOH-13	45	Delgado Argote Luis Alberto*	SE14-6	176
Cortés Silva Alejandra*	GEOH-37 CARTEL	51	Delgado Argote Luis Alberto	SE14-7	176
Cossio González Rafael*	SE16-3	189	Delgado Argote Luis Alberto	SE14-29 CARTEL	182
Cota Ramírez Daniel	SED-7	112	Delgado Argote Luis Alberto	SE14-31 CARTEL	183
Covarrubias Mascorro Amaury	SE08-14 CARTEL	165	Delgado Argote Luis Alberto	SE14-33 CARTEL	183
Cruz Aquino Ivonne Janette*	EG-10	28	Delgado Rodríguez Omar	RN-27 CARTEL	109
Cruz-Atienza Víctor Manuel	GET-1	55	Delgado de la Paz Ivan	CCA-3	12
Cruz-Atienza Víctor Manuel	SIS-24	119	Delgadon Ayala Daniela	SE07-4	158
Cruz-Atienza Víctor Manuel*	SIS-26	119	Denis Legrand	VUL-10	130
Cruz Cervantes José Luis	SE13-3	173	Desentis Peña Sandra*	SE03-12	143
Cruz Cruz Karla Gabriela*	VUL-21 CARTEL	133	Díaz Bravo Beatriz Adriana*	GEOQP-5	73
Cruz Damian Josue	CCA-28	18	Díaz Bravo Beatriz Adriana	SE10-1	169
Cruz Gómez Raúl Candelario*	OCC-16	88	Díaz Esteban Yanet	CCA-50 CARTEL	22
Cruz Gómez Raúl Candelario	OCC-17	88	Díaz Félix Gabriela	CCA-19	16
Cruz Gómez Raúl Candelario	OCE-47 CARTEL	100	Díaz-García Jorge Enrique	RN-3	103
Cruz Isidro Esteban*	OCC-20 CARTEL	89	Díaz González Juan Luciano	SE03-5	142
Cruz Isidro Esteban	SE03-17 CARTEL	144	Díaz Jaime*	CS-12	8
Cruz Jiménez Marcos Benjamín*	GGA-4	64	Díaz Martínez Roberto	CS-10	7
Cruz López Harlen Irene*	GEOH-39 CARTEL	51	Díaz Martínez Roberto	GEOH-15	45
Cruz Miguel A.	SE08-11	164	Díaz Méndez Guillermo M.	RN-19	107
Cruz-Rodríguez Roberto C.	MSG-3	81	Díaz Monsch Charlotte*	OCE-34	97
Cruz Romero Bartolo	CCA-54 CARTEL	23	Díaz Navarro María Kamila*	EG-7	27
Cruz Ronquillo Olivia	GEOH-7	43	Díaz Navarro María Kamila	EG-30 CARTEL	32
Cruz Ronquillo Olivia	GEOH-33 CARTEL	50	Díaz Nigenda Emmanuel	CCA-28	18
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-11 CARTEL	66	Díaz-Ortega Jaime	CS-6	6
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-12 CARTEL	66	Díaz-Ortega Jaime	CS-17 CARTEL	9
Cruz Santiago Pedro Damián	SE03-7	142	Díaz Ortega Ulises	GEOPAL-16	70
Cruz Vázquez Omar*	RN-30 CARTEL	109	Díaz Ortega Ulises Demian*	GEOPAL-7	68
Cruz y Cruz Tamara	AR-2	1	Díaz Rocha David	GEOQP-20	77
Cuachoca Texca Nancy	CS-2	5	Díaz Sonia	CCA-13	14
Cuachoca Texca Nancy	EG-31 CARTEL	32	Dobson Patrick	GEOQP-30 CARTEL	79
Cuachoca Texca Nancy	GEOQP-28 CARTEL	79	Domínguez Acosta Miguel	EG-23 CARTEL	31
Cuadros Mendoza Iván Manuel	PALEO-1 CARTEL	102	Domínguez Alejandro	OCE-5	91
Cubillos Fajardo Miguel Angel*	RN-7	104	Domínguez Alejandro	OCE-18	93
Cuellar Ramírez Elisa	GEOH-35 CARTEL	50	Domínguez-Almuina Anyeli Elizabeth	SE06-1	153
Cuen Romero Francisco Javier	PALEO-1 CARTEL	102	Domínguez-Almuina Anyeli Elizabeth	SE06-13 CARTEL	156
Cuevas-Barragán Carlos David	SE14-14	178	Domínguez-Almuina Anyeli Elizabeth*	SE06-15 CARTEL	156
Cuevas Flores Eduardo	OCE-17	93	Domínguez Guadarrama Alejandro*	OCE-13	92
Culí Laura	GEOQP-32 CARTEL	80	Domínguez Luis A.	SIS-26	119
Damas López Daniel Andrés	SIS-38	121	Domínguez Ramírez Luis Antonio	SIS-35	121
Daniel Rolf	CS-4	5	Domínguez Ramírez Luis Antonio*	SIS-39	122
Dávalos-Elizondo María Guadalupe	SE05-6	149	Domínguez-Sevilla Jordán*	OCE-48 CARTEL	100
Dávalos Sotelo Raymundo	RN-11	105	Domínguez Vargas Higicel	SE03-7	142
Dávalos Sotelo Raymundo	SIS-10	116	Domínguez-Vázquez Gabriela	SED-5	112
Dávila Citlaly	GET-24 CARTEL	61	Dong Xiaoli	CCA-24	17
Dávila Harris Pablo	EG-12	28	Duque José	GEOPAL-19 CARTEL	71
Dávila Harris Pablo	GP-4	53	Durán Colmenares Azucena*	OCE-46	100
Dávila Harris Pablo	GEOQP-9	74	Durán Oliva Ana Laura*	SE07-10	159
Dávila Harris Pablo	VUL-4	128	Durante Barajas Giovanni*	OCE-8	91
Dávila Ortiz Rodrigo	CCA-53 CARTEL	23	Elbjorn Flores Ilse	SE07-9	159
Dávila Rodrigo*	CCA-10	14	Eleyra Berenice Sena Lozoya	EG-23 CARTEL	31
De Anda Clemente Yessica Ariadne	GGA-8	65	Elizondo Pacheco Luis Alejandro	GEOQP-8	74
De Gyves López Juan Sebastian*	GEOH-17	46	Enciso Cárdenas Juan Josué	GEOQP-7	73
De Lacy Pérez de los Cobos M. Clara	GEOD-7 CARTEL	41	Enríquez Ortiz Celicila	OCE-17	93
De León España José*	EG-24 CARTEL	31	Escalante Jorge	GEOPAL-15	70
De León España José	EG-25 CARTEL	31	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	CCA-18	15

Escalona Alcázar Felipe de Jesús	GGA-1	63	Filonov Anatoliy*	OCC-22 CARTEL	89
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	SE07-3	157	Filonov Anatoliy	SE01-3	136
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	SE14-17	179	Filonov Anatoliy	SE01-4	136
Escobar Gonzaga Jocelyn	SE07-19 CARTEL	161	Filonov Anatoliy	SE01-6 CARTEL	136
Escobedo David	SE04-6	146	Filonov Anatoliy	SE01-7 CARTEL	137
Escobedo-Zenil David	EG-13	29	Filonov Anatoliy	SE01-8 CARTEL	137
Escobedo-Zenil David	EG-18	30	Fimbres Pacheco María Ximena	SE03-2	141
Escobedo-Zenil David	SE04-9	146	Finol González Ana Teresa*	GP-3	53
Escudero Ayala Christian Rene	SIS-37	121	Fitz Alvira Nestor*	VUL-8	129
Escutia Noemí	GEOPAL-7	68	Fitz Díaz Elisa	GET-2	55
Esparza Hilda	SE06-3	153	Fitz Díaz Elisa	GET-3	55
Esparza López Rodrigo	AR-12 CARTEL	3	Fitz Díaz Elisa	GET-4	56
Esparza Ponce Hilda	SE06-4	153	Fitz Díaz Elisa	GET-18 CARTEL	59
Esparza Ponce Hilda	SE06-5	154	Fitz Díaz Elisa	SE03-10	143
Espejo-Bautista Guillermo*	SE05-9	150	Fitz Díaz Elisa	SE05-7	149
Espíndola Castro Juan Manuel	VUL-27 CARTEL	134	Fitz Díaz Elisa*	SE07-7	158
Espíndola Castro Juan Manuel*	SE13-4	173	Fitz Díaz Elisa	SE14-19	180
Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-48 CARTEL	123	Fitz Díaz Elisa	SE14-22	180
Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-53 CARTEL	125	Fitz Díaz Elisa	SE14-23	181
Espíndola Castro Víctor Hugo*	SIS-54 CARTEL	125	Fitz Díaz Elisa*	SE14-24	181
Espíndola Castro Víctor Hugo	SE13-3	173	Fitz Díaz Elisa	SE14-25	181
Espinosa-Arrubarrena Luis	SE08-5	163	Fitz Díaz Elisa	SE14-27	182
Espinosa Ramírez Alejandro Camilo*	SE09-4	167	Flores Ana Laura	OCC-15	88
Espinosa Velázquez Alfredo Apolo	SE08-1	162	Flores Cano José Valente	GP-3	53
Espinosa Velázquez Alfredo Apolo*	SE08-3	162	Flores-Cano José Valente	GP-7	54
Espinosa Velázquez Alfredo Apolo	SE08-14 CARTEL	165	Flores-Estrella Hortencia	SIS-1	114
Espinoza Mendiola Mario	OCC-2	85	Flores Lacarra Karla	SIS-34	121
Espinoza Ojeda Orlando Miguel	EG-22 CARTEL	30	Flores Luna Carlos Francisco	EG-8	27
Espinoza Ojeda Orlando Miguel	MSG-7	82	Flores Luna Carlos Francisco	EG-21	30
Espinoza-Rodríguez Iyari	OCC-13	87	Flores Ocampo Itzamna Zaknite*	OCC-19 CARTEL	88
Esquivel Castillo Alondra Abigail	SED-7	112	Flores-Soto Xochitl	EG-11	28
Esquivel-Mendiola Leonarda I.*	SIS-16	117	Flores Vidal Xavier	OCC-24 CARTEL	89
Esquivel Trava Bernardo	OCC-10	87	Flores Vivian Ismael	GP-3	53
Esquivel Trava Bernardo	OCE-15	93	Florez-Amaya Sandra Lorena	SE05-5	149
Esquivel Trava Bernardo	RN-19	107	Fox Rivera Guillermo	SIS-10	116
Estévez Héctor	CCA-41	21	Fragoso Irineo Anaíd*	SE14-34 CARTEL	183
Estrada Allis Sheila Natali*	OCE-1	90	Franco Osvaldo	SED-2	111
Estrada Allis Sheila Natali	OCE-50 CARTEL	100	Franco-Rubio Miguel	SE06-2	153
Estrada Allis Sheila Natali	OCE-51 CARTEL	101	Franco-Rubio Miguel	SE06-6	154
Estrada Allis Sheila Natali	SE03-2	141	Franco-Rubio Miguel	SE06-7	154
Estrada Carmona Juliana	SE14-5	176	Franco-Rubio Miguel*	SE06-8	154
Estrada Carmona Juliana	SE14-18	179	Franco Sánchez Sara-Ivonne*	GEOD-5	41
Estrada-Castillo Jorge	SIS-54 CARTEL	125	Franco Sara	SIS-26	119
Estrada Francisco	CCA-22	16	Franco Sara Ivonne	SIS-31	120
Estrada Francisco	CCA-26	17	Franco Vargas Ariadna*	SE15-6	186
Estrada Porrúa Francisco*	CCA-21	16	Franklin Gemma Louise*	SE15-9 CARTEL	187
Estrada Porrúa Francisco	CCA-23	17	Franklin Gemma Louise	SE15-11 CARTEL	187
Estrada Porrúa Francisco	CCA-25	17	Franklin Gemma Louise	SE15-12 CARTEL	187
Estrada Sheila	CCA-26	95	Fregoso Becerra Emilia	MSG-13	83
Evía Cabral Luis Rodrigo*	GEOH-23	47	Fuchs Sven	GET-17 CARTEL	59
Evía Cabral Luis Rodrigo*	SE15-7	186	Fuenlabrada Pérez José Manuel	GEOQP-1	72
Eysteinnsson Hjálmar	EG-7	27	Fuentes Arreazola Mario Alberto*	EG-6	27
Faber Johannes	SIS-19	118	Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-15	29
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-2	138	Fuentes Carreón Claudio Alejandro	GEOQP-31 CARTEL	79
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-3	138	Fuentes Cobas Luis Edmundo	SE06-4	153
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-5	139	Fuentes Luis	SE06-3	153
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-7	139	Fuentes Romero Elizabeth	CS-5	6
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-8	139	Fuentes Romero Elizabeth*	CS-24 CARTEL	11
Fabian de la Cruz Alfredo	SE02-9	139	Fülöp Reka	SE14-27	182
Farfán Francisco J.	SIS-56 CARTEL	125	Gaitán Morán Javier	SE08-10	164
Farfán Molina Luis Manuel	CCA-44	21	Galaviz Alonso Sergio Alberto	VUL-28 CARTEL	134
Farfán Sánchez Francisco Javier	SIS-58 CARTEL	126	Galaviz Alonso Sergio Alberto	SE07-19 CARTEL	161
Faudoa Gómez Fabián Guadalupe*	SE06-3	153	Galaviz-González José Roberto*	CS-23 CARTEL	11
Faudoa Gómez Fabián Guadalupe	SE06-4	153	Galindo Eredia Edgar Sebastián	SE14-30 CARTEL	182
Faudoa Gómez Fabián Guadalupe	SE06-5	154	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	EG-16	29
Faudoa Gómez Fabián Guadalupe	SE06-14 CARTEL	156	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	EG-19	30
Felipe Luis	SE11-6	172	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	EG-28 CARTEL	32
Ferhat Gilbert	GEOD-3	40	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	GET-28 CARTEL	62
Fernández-Díaz Violeta Zetzangari*	SE07-16 CARTEL	160	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	RN-3	103
Fernández Díaz Violeta Zetzangari	SE11-8	172	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	SIS-52 CARTEL	124
Fernández Peña Juan Salvador*	VUL-20 CARTEL	132	Gallegos-Guillen Isaac David	SE06-9 CARTEL	155
Fernández Raúl Daniel	SE18-3	190	García Abdeslem Juan*	EG-14	29
Ferrari Luca	GET-11	57	García Adrián*	RN-1	103
Ferrari Luca*	GET-12	57	García Amador Bernardo	GET-18 CARTEL	59
Ferrari Luca	GET-13	58	García-Amador Bernardo Ignacio*	SE14-21	180
Ferrari Luca	SE07-12	159	García Arreola María Elena	SE14-17	179
Ferrer Miranda Lizbeth	SE15-5	186	García Arthur Miguel Ángel	SIS-56 CARTEL	125
Ferrés Dolors	RN-15	106	García Arthur Miguel Ángel	SIS-58 CARTEL	126
Ferrés Dolors	VUL-17	131	García-Barrera Pedro	GEOQP-17	76
Fierro Gossman Julieta*	SE18-5	191	García Calderón Norma Eugenia	CS-5	6
Figueroa Soto Ángel	SIS-16	117	García Calderón Norma Eugenia	CS-24 CARTEL	11
Figueroa Soto Ángel	SIS-27	119	García Cruzado Sergio Armando	RN-8	104
Figueroa Soto Ángel	SIS-29	120	García Escobedo Betsi Nadxielly*	SED-6	112
Figueroa Soto Ángel	SIS-30	120	García Felipe	GEOQP-19	76
Figueroa Soto Ángel	SIS-43 CARTEL	122	García Flores Rogelio de Jesús	VUL-16	131

García García Fernando	CCA-11	14	Godínes Torres Oscar Baltazar	FE-25	37
García García Fernando	CCA-34	19	Godínez Víctor	SE09-2	166
García García Fernando	CCA-35	19	Goguitchaichvili Avto	AR-12 CARTEL	3
García Gómez Ana Laura*	GEOPAL-18 CARTEL	71	Goguitchaichvili Avto	CS-9	7
García Gomora Luisa María	SIS-21	118	Goguitchaichvili Avto	GEOPAL-2	67
García González Rubi Miroslava*	GEOD-4	40	Goguitchaichvili Avto	GEOPAL-7	68
García-Hernández Luis S.	SE09-10 CARTEL	168	Goguitchaichvili Avto	GEOPAL-11	69
García Hernández Oscar	RN-5	104	Goguitchaichvili Avto	GEOPAL-13	69
García Hernández Samantha Yahel	GET-6	56	Goguitchaichvili Avto	GEOPAL-16	70
García Hurtado María Fernanda*	GGA-6	64	Gómez A. Juan Carlos	RN-22 CARTEL	108
García-Jerez Antonio	SIS-55 CARTEL	125	Gómez-Álvarez D. Karina	SE14-6	176
García Kathia*	GEOQP-11	74	Gómez Alvarez Doris Karina*	SE14-31 CARTEL	183
García Ledesma Israel Alejandro	GEOH-13	45	Gómez-Arias Efraín	EG-21	30
García Leticia A.	SE08-11	164	Gómez Arias Efraín	EG-23 CARTEL	31
García Lucero Angeles Berenisse	OCE-16	93	Gómez-Arias Efraín	GEOQP-13	75
García Lucero Angeles Berenisse*	OCE-53 CARTEL	101	Gómez Arredondo Carmen Maricela*	SIS-38	121
García Martínez Ivonne*	OCE-3	90	Gómez Avila Marianggy*	EG-23 CARTEL	31
García Martínez Ivonne*	SE11-5	172	Gómez Ávila Marianggy Del Carmen	GEOH-38 CARTEL	51
García Medina Ximena Decire	EG-25 CARTEL	31	Gómez Bernal Juan Miguel	GGA-11 CARTEL	66
García Morales Valeria	SED-7	112	Gómez Domínguez Francisco Javier	GEOH-38 CARTEL	51
García Muñoz Christian Omar*	GP-1	53	Gómez Gatica Leyre*	OCC-21 CARTEL	89
García Nava Héctor*	OCC-10	87	Gómez-González Juan Martín	SIS-8	115
García Nava Héctor*	OCC-24 CARTEL	89	Gómez González Juan Martín*	SIS-14	117
García Nava Héctor	OCE-45	99	Gómez González Juan Martín*	SIS-50 CARTEL	124
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-2	138	Gómez González Juan Martín*	SE03-6	142
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-3	138	Gómez-Liera Juan A.	SE15-9 CARTEL	187
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-5	139	Gómez-Liera Juan A.	SE15-11 CARTEL	187
García-Palacios Miguel Ángel*	SE02-6	139	Gómez-Liera Juan A.	SE15-12 CARTEL	187
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-7	139	Gómez María de la Luz	CS-9	7
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-8	139	Gómez Navarro Laura	OCE-38	98
García-Palacios Miguel Ángel	SE02-9	139	Gómez Ramírez Mariana*	SE08-14 CARTEL	165
García Paula	OCE-12	92	Gómez-Ramírez Mario*	SE02-10	139
García Pimentel Alejandra Guadalupe	GEOPAL-11	69	Gómez-Ramírez Mario*	SE02-12	140
García Pimentel Alejandra Guadalupe*	GEOPAL-13	69	Gómez-Ramírez Mario*	SE02-13 CARTEL	140
García Reynoso José Agustín	SE03-7	142	Gómez-Ramos Octavio*	SE02-2	138
García Rodríguez Habi	GGA-8	65	Gómez-Ramos Octavio	SE02-3	138
García Rodríguez Hermes Martín*	GET-6	56	Gómez Ramos Octavio	SE02-4	138
García Romero Agustín Rafael	SE07-16 CARTEL	160	Gómez-Ramos Octavio	SE02-5	139
García Romero Agustín Rafael	SE11-8	172	Gómez-Ramos Octavio*	SE02-7	139
García Romero Felipe de Jesús*	OCE-4	90	Gómez-Ramos Octavio	SE02-8	139
García Ruiz Rafael	GEOPAL-7	68	Gómez-Ramos Octavio	SE02-9	139
García Ruiz Rafael	GEOPAL-11	69	Gómez Roa Antonio	FE-36 CARTEL	39
García Ruiz Rafael	GEOPAL-13	69	Gómez Sánchez Diana Paola	SED-7	112
García Ruiz Rafael*	GEOPAL-16	70	Gómez Valdés José*	OCE-28	96
García Sandoval Cristian Alexis	VUL-14	131	Gómez Valdés José	OCE-29	96
García-Serrano Alejandro	EG-11	28	Gómez-Valdés José	OCE-43	99
García Suárez Erick*	EG-2	26	Gómez Valdés José	SE03-2	141
García Suárez Erick	EG-3	26	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-8	129
García Suárez Erick	EG-9	28	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela*	VUL-9	130
García Suárez Erick	EG-10	28	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-20 CARTEL	132
García Tenorio Felipe*	VUL-29 CARTEL	134	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-21 CARTEL	133
García Walther Julian	OCC-4	85	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-26 CARTEL	134
García Zeferino Thania Alejandra*	CS-21 CARTEL	10	Gómez Víctor Manuel*	SED-2	111
García-Zuber Alain	CCA-59 CARTEL	24	González Álvarez Moisés Daniel*	GET-28 CARTEL	62
García Zuber Alain Jair	CCA-37	20	González Amador María Fernanda*	OCE-32	96
García Zuno María Fernanda*	GET-21 CARTEL	60	González Amezcua Miguel	VUL-16	131
García Amador Bernardo Ignacio	GEOPAL-6	68	González Andrade Nadia Karina	CS-2	5
Garduño Torres Israel David*	SE05-7	149	González Andrade Nadia Karina	GEOQP-28 CARTEL	79
Garfías Soliz Jaime	GEOH-8	43	González Ávalos Yanet Gisela	SE07-1	157
Garibay Mendoza Victoria	GET-21 CARTEL	60	González Avilés José Juan	FE-5	33
Garza Alanís Diana Angelina	GEOH-45 CARTEL	52	González Avilés José Juan	FE-28	38
Gasca Ortiz Tzitzlali*	SE01-1	136	González-Barba Gerardo	SE06-2	153
Gasca Ortiz Tzitzlali	SE01-2	136	González Cervantes Norma	GGA-7	64
Gasca Ortiz Tzitzlali	SE01-5 CARTEL	136	González-Cervantes Norma*	SE07-8	159
Gatica Acevedo Víctor José*	FE-7	34	González Escobar Mario	EG-16	29
Gatica Acevedo Víctor José	FE-13	35	González Escobar Mario	EG-19	30
Gatica Acevedo Víctor José	FE-22	36	González Escobar Mario	EG-23 CARTEL	31
Gatica Acevedo Víctor José	FE-29 CARTEL	38	González Escobar Mario	EG-28 CARTEL	32
Gatica Acevedo Víctor José	FE-30 CARTEL	38	González Escobar Mario	GET-28 CARTEL	62
Gatica Acevedo Víctor José	FE-36 CARTEL	39	González Escobar Mario	RN-3	103
Gaviño-Rodríguez Juan Heberto	OCC-11	87	González Escobar Mario	SIS-52 CARTEL	124
Gaviño-Rodríguez Juan Heberto	OCE-31	96	González Esparza Juan Américo	FE-1	33
Gaxiola-Camacho José Ramón	GEOD-1	40	González Esparza Juan Américo	FE-2	33
Gaxiola-Camacho José Ramón	GEOD-2	40	González Esparza Juan Américo	FE-6	34
Gay García Carlos*	CCA-17	15	González Esparza Juan Américo	FE-11	34
Gay García Carlos*	CCA-27	17	González Esparza Juan Américo*	FE-15	35
Gay García Carlos	MSG-11	83	González Esparza Juan Américo	FE-25	37
Gentil Mathieu	OCE-24	95	González Esparza Juan Américo	FE-27	37
Gil Bernal Felipe*	GEOQP-7	73	González Esparza Juan Américo	FE-29 CARTEL	38
Gille Sarah	OCC-3	85	González Esparza Juan Américo	FE-31 CARTEL	38
Giordano Guido	VUL-4	128	González Esparza Juan Américo	FE-32 CARTEL	38
Girón Luis Iván	RN-15	106	González Esparza Juan Américo	FE-33 CARTEL	38
Glowacka Ewa*	SIS-56 CARTEL	125	González Esparza Juan Américo	FE-36 CARTEL	39
Glowacka Ewa	SIS-58 CARTEL	126	González Esparza Juan Américo*	RN-17	106
Godínes Torres Oscar Baltazar	FE-1	33	González Esparza Juan Américo	SE04-14 CARTEL	147

González Fernández Antonio	EG-19	30	Grutter Michel	CCA-37	20
González Fernández Antonio	EG-21	30	Grutter Michel	CCA-41	21
González Fernández Antonio	EG-23 CARTEL	31	Grutter Michel	CCA-58 CARTEL	24
González Gabriela	GEOH-27	48	Grutter Michel	CCA-59 CARTEL	24
González Gacia Andrea*	GEOPAL-20 CARTEL	71	Grutter Michel	CCA-60 CARTEL	24
González Galván Erik David	SE14-15	179	Guajardo Rodríguez Ramiro Eliab*	SE14-30 CARTEL	182
González Galván Erik David	SE14-30 CARTEL	182	Guerra Roel Rafael*	SE14-16	179
González González Gerardo Alfredo*	RN-23 CARTEL	108	Guerra Roel Rafael	SE14-19	180
González Guevara José Luis	EG-29 CARTEL	32	Guerra Roel Rafael	SE14-32 CARTEL	183
González Guevara José Luis	RN-24 CARTEL	108	Guerrero Arenas Rosalía	SE03-4	141
González Guevara José Luis	SE07-4	158	Guerrero Arroyo Edgar Alejandro	MSG-13	83
González Guevara José Luis	SE07-5	158	Guerrero Fernando	GEOQP-15	76
González Guevara José Luis	SE07-11	159	Guerrero Jacinto Zahira*	EG-15	29
González Guevara José Luis	SE07-18 CARTEL	161	Guerrero Martínez Fernando	SE07-10	159
González Guzmán Reneé	GEOQP-3	72	Guerrero Moreno Lorena	OCE-1	90
González Guzmán Reneé	GEOQP-8	74	Guerrero Moreno Lorena	OCE-51 CARTEL	101
González Guzmán Reneé*	SE14-26	181	Guerrero Moreno Sandra	SE05-15	151
González Hernández Galia*	AR-5	2	Guerrero Moreno Sandra	SE07-9	159
González Hernández Galia	AR-6	2	Guerrero Moreno Sandra Elizabeth*	SE05-14	151
González Hernández Galia	AR-7	2	Guilbaud Marie-Noëlle	GEOPAL-2	67
González Hernández Galia	AR-8	2	Gunter Kretzschmar Thomas	GEOH-15	45
González Hernández Galia	AR-11 CARTEL	3	Gutiérrez Aguilar Fabián*	GEOQP-18	76
González Hernández Galia*	AR-12 CARTEL	3	Gutiérrez Aguilar Fabián	GEOQP-27 CARTEL	79
González Hernández José Luis*	SIS-60 CARTEL	126	Gutiérrez Aguilar Fabián	SE14-10	177
González Hernández Julio César	AR-1	1	Gutiérrez Anguamea Grisel Alejandra*	RN-21 CARTEL	107
González Hernández Julio César	EG-29 CARTEL	32	Gutiérrez Hernández Alejandro	SE08-10	164
González Hernández Julio César	RN-24 CARTEL	108	Gutiérrez Montserrat*	GET-24 CARTEL	61
González Hernández Julio César*	SE07-4	158	Gutiérrez-Navarro Rodrigo	SE05-16	152
González Hernández Julio César	SE07-5	158	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	SIS-20	118
González Hernández Julio César*	SE07-11	159	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	SIS-56 CARTEL	125
González Hernández Julio César	SE07-18 CARTEL	161	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim*	SIS-58 CARTEL	126
González-Herrera Roger	SE15-13 CARTEL	187	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente	SE02-2	138
González Huizar Héctor*	SIS-5	115	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente	SE02-3	138
González Huizar Héctor	SIS-52 CARTEL	124	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente*	SE02-5	139
González Jáquez Andrés Isaak	SE06-4	153	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente	SE02-7	139
González Jáquez Andrés Isaak	SE06-5	154	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente	SE02-8	139
González Jáquez Andrés Isaak	SE06-14 CARTEL	156	Gutiérrez-Quijada Sergio Valente	SE02-9	139
González Jiménez José María	GEOQP-14	75	Gutiérrez Reyes Edahí	SIS-41 CARTEL	122
González León Carlos	SE10-2	169	Gutiérrez Reyes Salvador*	SE05-12	151
González Martínez Mario	SIS-27	119	Gutiérrez Rodrigo*	GET-11	57
González Martínez Mario	SIS-29	120	Gutiérrez Rodrigo*	SE03-10	143
González Martínez Mario	SIS-30	120	Gutiérrez Rojo Natalia	VUL-30 CARTEL	135
González Medina Karla Guadalupe*	GEOQP-10	74	Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia	CS-14 CARTEL	8
González Méndez Luis Xavier	FE-12	35	Guzmán Acevedo German Michel	GEOD-1	40
González Méndez Luis Xavier	FE-14	35	Guzmán Acevedo German Michel	GEOD-2	40
González Méndez Luis Xavier	FE-15	35	Guzmán Andrea	CS-15 CARTEL	9
González Méndez Luis Xavier*	FE-21	36	Guzmán García Rosalinda	EG-24 CARTEL	31
González Méndez Luis Xavier	FE-24	37	Guzmán García Rosalinda*	EG-25 CARTEL	31
González Méndez Luis Xavier	FE-26	37	Guzmán Magaña Dolores*	SE07-19 CARTEL	161
González Ortega Javier Alejandro	GEOD-4	40	Guzmán Murillo Francisco Shiddartha	FE-5	33
González Ramírez Beatriz*	GEOH-34 CARTEL	50	Guzmán Speziale Marco*	SE14-28	182
González Rangel José Antonio	GEOPAL-4	67	Guzmán Villa Moisés Francisco*	EG-19	30
González Rangel José Antonio	GEOPAL-6	68	Hahmann Andrea N.	SE09-10 CARTEL	168
González Rangel José Antonio*	GEOPAL-8	68	Hasimoto Beltrán Rogelio	RN-19	107
González Ríos Sofía	SE03-17 CARTEL	144	Helenes Escamilla Javier	CCA-2	12
González Roger	GEOH-25	48	Heredia Barbero Alejandro	FE-37 CARTEL	39
González-Romo Irving Antonio*	EG-1	26	Heredia Barbero Alejandro	GEOQP-31 CARTEL	79
González Salazar Constantino	CCA-23	17	Herguera Juan Carlos	OCE-4	90
González Salazar Constantino*	CCA-26	17	Herguera Juan Carlos	OCE-19	94
González Sánchez Heriberto	GEOH-30	49	Herguera Juan Carlos	OCE-23	94
González Silvia	SED-5	112	Hernández-Aburto Yasmin*	EG-4	26
González-Torres Enrique	SE07-12	159	Hernández-Aburto Yasmin	GEOH-2	42
González-Torres Enrique	SE07-15	160	Hernández Andrade Daniel	GEOD-6	41
González del Castillo Eugenia	CCA-59 CARTEL	24	Hernández Andrade Daniel*	GEOD-7 CARTEL	41
González del Castillo Eugenia	CCA-60 CARTEL	24	Hernández Andrade Daniel	GEOD-8 CARTEL	41
Gordilla de la Marchena Carla	VUL-30 CARTEL	135	Hernández Anguiano Horacio	GEOH-3	42
Gorr Pozzi Emiliano	OCC-10	87	Hernández Anguiano Jesús Horacio	GEOH-42 CARTEL	52
Gracia Barrera Ashley David*	OCC-8	86	Hernández-Cardona Arnaldo*	GEOPAL-1	67
Graef Federico	OCE-35	97	Hernández Cardona Arnaldo	GEOPAL-17 CARTEL	70
Graef Federico*	OCE-44	99	Hernández Cristina	SE06-3	153
Granados Chavarría Iván	SIS-21	118	Hernández Espriú Antonio	GEOH-21	47
Granados Karol	SE03-13	143	Hernández Espriú Antonio	GEOH-23	47
Granados Martínez Karol Paulina*	SE15-1	185	Hernández Espriú Antonio	RN-7	104
Green Ruiz María de Jesús	SE07-1	157	Hernández-Espriu Antonio	SE07-15	160
Gress Gómez Lucero Verónica	GGA-8	65	Hernández Espriú Antonio	SE15-7	186
Grijalva-Solís Francisco Carlos	SE06-1	153	Hernández Esteban	SE04-6	146
Grijalva-Solís Francisco Carlos*	SE06-13 CARTEL	156	Hernández García Guillermo	GEOH-43 CARTEL	52
Grijalva-Solís Francisco Carlos	SE06-15 CARTEL	156	Hernández García Guillermo de Jesús	GEOH-11	44
Gross Markus	SE09-2	166	Hernández-García Guillermo de Jesús*	MSG-4	81
Gross Markus*	SE09-5	167	Hernández García Guillermo de Jesús	MSG-6	82
Gross Markus	SE09-10 CARTEL	168	Hernández Gómez Jorge Javier	CCA-56 CARTEL	23
Grupo de Trabajo RESNOM-CICESE	SIS-52 CARTEL	124	Hernández Gómez Jorge Javier	SE04-13 CARTEL	147
Grupo de Trabajo del SSN	SE03-1	141	Hernández-González Maximino	GEOH-5	43
Grupo de trabajo Servicio Sismológico Nacional	SE13-3	173	Hernández Guillermo	MSG-10	83
Grutter Michel	CCA-32	19	Hernández Gutiérrez Luis Alejandro	CCA-37	20

Hernández Gutiérrez Luis Alejandro*	CCA-59 CARTEL	24	Horta-Rangel Jaime	CS-23 CARTEL	11
Hernández Gutiérrez Luis Alejandro	CCA-60 CARTEL	24	Hoyos Angello	GEOQP-30 CARTEL	79
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-11	44	Huddart David	SED-5	112
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-12	44	Huerta Tania	GET-7	56
Hernández Hernández Mario Alberto*	GEOH-13	45	Huesca Pérez Eduardo*	SIS-41 CARTEL	122
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-37 CARTEL	51	Huipé Domratheva Elizandro*	FE-16	35
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-41 CARTEL	51	Hurtado Díaz Alejandro	SIS-11	116
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-43 CARTEL	52	Husker Allen	EG-9	28
Hernández-Hernández Mario Alberto	MSG-4	81	Husker Allen	GET-1	55
Hernández Herrera Cristina	SE06-4	153	Husker Allen	RN-14	106
Hernández Herrera Cristina	SE06-5	154	Husker Allen	SIS-5	115
Hernández Herrera Cristina*	SE06-14 CARTEL	156	Husker Allen	SIS-41 CARTEL	122
Hernández Herrera Isis	SE15-5	186	Ibarra Guadalupe*	GEOH-6	43
Hernández Javier	VUL-4	128	Ibarra Héctor*	GEOPAL-10	69
Hernández Jesús*	GEOH-45 CARTEL	52	Ibarra Héctor	GEOPAL-15	70
Hernández Maguey Felipe	SE02-1	138	Ibarra Juan	SE07-9	159
Hernández Maldonado Jessica	SE14-15	179	Ibarra Morales Emilio	AR-10 CARTEL	3
Hernández Maldonado Jessica	SE14-30 CARTEL	182	Ibarra Morales Juan*	SIS-44 CARTEL	123
Hernández Marín Martín	GGA-2	63	Ibarra Ortega Héctor	GEOH-14	70
Hernández Marín Martín*	GGA-7	64	Ibarra Ortega Héctor	GEOPAL-19 CARTEL	71
Hernández Marín Martín	RN-29 CARTEL	109	Ibarra Ortega Héctor	GEOPAL-20 CARTEL	71
Hernández Martínez Constantina	SE11-2	171	Ibarra Ortega Héctor	SE04-3	145
Hernández Martínez Karla Rubí*	GEOQP-1	72	Ibarra Ortega Héctor	SE14-2	175
Hernández Martínez Lucero Jejjanny	GEOH-28	48	Iglesias Arturo	SIS-4	114
Hernández Mendiola Ernesto*	CS-18 CARTEL	9	Iglesias Arturo	SIS-12	116
Hernández Mendiola Ernesto	GGA-6	64	Iglesias Arturo	SIS-22	118
Hernández Olivares Aldo Omar*	OCE-40	98	Iglesias Arturo*	SIS-31	120
Hernández Olivares Aldo Omar*	OCE-42	99	Iglesias Arturo	SIS-53 CARTEL	125
Hernández Osoy Ariadna	SE07-19 CARTEL	161	Iglesias Arturo*	SE03-15	144
Hernández Paniagua Iván Yassmany	CCA-36	20	Iglesias Arturo	SE13-3	173
Hernández Paniagua Iván Yassmany*	CCA-40	21	Iglesias Arturo	SE18-3	190
Hernández-Pérez Eliseo*	CCA-33	19	Ilizaliturri Hernández César	GGA-4	64
Hernández-Pérez Eliseo*	GEOH-26	48	Inguaggiato Claudio	EG-2	26
Hernández Quintero Juan Esteban	EG-11	28	Inguaggiato Claudio	EG-3	26
Hernández Quintero Juan Esteban	GEOPAL-18 CARTEL	71	Inguaggiato Claudio	EG-10	28
Hernández Quintero Juan Esteban	SE04-1	145	Inguaggiato Claudio	GET-13	58
Hernández Quintero Juan Esteban	SE04-4	146	Inguaggiato Claudio	GEOQP-30 CARTEL	79
Hernández Quintero Juan Esteban	SE04-7	146	Iriondo Alexander	SE14-1	175
Hernández Quintero Juan Esteban	SE04-11	147	Iriondo Alexander*	SE14-3	175
Hernández Quintero Juan Esteban*	SE13-5	174	Iriondo Alexander	SE14-5	176
Hernández Salazar Marco Vinicio	SIS-10	116	Iriondo Alexander	SE14-34 CARTEL	183
Hernández-Sánchez Oscar*	OCE-19	94	Isaak Andrés	SE06-3	153
Hernández-Serrano Naomi Guadalupe*	VUL-1	128	Isern Fontanet Jordi	OCE-47 CARTEL	100
Hernández Silva Gilberto*	GGA-5	64	Israde Alcántara Isabel	EG-22 CARTEL	30
Hernández Solís José Manuel	CCA-36	20	Israde Alcántara Isabel	GEOQP-19	76
Hernández Teodoro	SE14-8	177	Israde Alcántara Isabel	RN-5	104
Hernández Teodoro	SE14-35 CARTEL	184	Israde Alcántara Isabel*	SED-5	112
Hernández Treviño Teodoro*	GEOQP-20	77	Ito Yoshihiro	SIS-26	119
Hernández Treviño Teodoro	SE14-9	177	Izquierdo Guzmán Itzayana del Carmen*	FE-5	33
Hernández Treviño Teodoro	SE14-10	177	Jácome Paz Mariana Patricia	EG-1	26
Hernández Uribe David	GEOQP-18	76	Jácome Paz Mariana Patricia	RN-8	104
Hernández Uribe David	GEOQP-27 CARTEL	79	Jácome Paz Mariana Patricia	SE07-10	159
Hernández-Vergara Rogelio	GET-2	55	Jaimés-Viera María del Carmen	VUL-2	128
Hernández Vergara Rogelio*	SE14-23	181	Jaramillo Flores Andrea*	GEOPAL-4	67
Hernández Vergara Rogelio	SE14-24	181	Jazcilevich Arón	CCA-40	21
Hernández Vergara Rogelio*	SE14-27	182	Jazcilevich Arón	CCA-61 CARTEL	24
Hernández Villa Federico III*	GP-4	53	Jenchen Uwe	GP-3	53
Hernández Yepes José Gustavo*	SE09-7	167	Jenchen Uwe	SED-6	112
Hernández-Zaragoza Juan Bosco	CS-23 CARTEL	11	Jenchen Uwe	SED-8	112
Herraiz Sarachaga Miguel	FE-17	36	Jenchen Uwe	SE05-1	148
Herrera Becerril Carlos Alberto	OCC-14	87	Jenchen Uwe	SE05-8	150
Herrera Eduardo	CCA-7	13	Jiménez Barranco Sofía*	GEOQP-27 CARTEL	79
Herrera Ismael	MSG-10	83	Jiménez Delgado Gerardo	AR-4	1
Herrera Moro Dulce Rosario*	SE03-7	142	Jiménez Delgado Gerardo	AR-14 CARTEL	3
Herrera Revilla Ismael*	MSG-15	84	Jiménez Escalona José Carlos	RN-31 CARTEL	110
Herrera-Silveira Jorge	GEOH-36 CARTEL	50	Jiménez González Berenice*	AR-3	1
Herrera Vázquez Carlos Francisco*	OCE-45	99	Jiménez González Berenice	AR-5	2
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-11	44	Jiménez González Berenice	AR-14 CARTEL	3
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-13	45	Jiménez González Berenice*	AR-15 CARTEL	4
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-40 CARTEL	51	Jiménez Haro Adrián*	RN-5	104
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-41 CARTEL	51	Jiménez Illescas Ángel Rafael	OCC-11	87
Herrera Zamarrón Graciela	MSG-4	81	Jiménez Illescas Ángel Rafael	OCE-31	96
Herrera Zamarrón Graciela	RN-7	104	Jiménez Karina	OCE-5	91
Herrera Zamarrón Graciela	RN-8	104	Jiménez Karina*	OCE-18	93
Herrera Zamarrón Graciela	RN-28 CARTEL	109	Jiménez López Luis Ángel	RN-25 CARTEL	108
Herzka Sharon	OCE-19	94	Jiménez Sánchez Liz-Ek Miriam	GEOH-45 CARTEL	52
Herzka Sharon	OCE-23	94	Jiménez Velásquez Juan Carlos	RN-13	105
Herzka Sharon	OCE-25	95	John Selvamony Armstrong Altrin Sam	OCC-19 CARTEL	88
Higuera Parra Susana	OCE-14	92	Jongedijk Cleo	OCE-38	98
Hinojosa Corona Alejandro	EG-19	30	Jouanno Julien	OCE-5	91
Hinojosa Reyes Mariana	RN-27 CARTEL	109	Jouanno Julien	OCE-13	92
Hoelzmann Philipp	AR-2	1	Jouanno Julien	OCE-18	93
Holder Robert M.	GEOQP-18	76	Juárez Aparicio Fátima	GEOH-7	43
Homayouni Saeid*	RN-16	106	Juárez Araiza Braulio	OCC-2	85
Homayouni Saeid	SE03-8	142	Juárez-Arriaga Edgar*	SE08-5	163

Juárez-Arriaga Edgar*	SE14-12	178	López Arce Montejano Oscar Daniel*	SIS-45 CARTEL	123
Juárez Arriaga Edgar	SE14-13	178	López Brandon*	OCE-26	95
Juárez Braulio*	OCC-4	85	López-Carrasco Judith Fabiola	SE06-16 CARTEL	156
Juárez Erick*	GEOPAL-9	68	López Doncel Rubén Alfonso	RN-6	104
Juárez Pérez Carolina*	RN-31 CARTEL	110	López-Doncel Rubén Alfonso	RN-29 CARTEL	109
Juárez Torres José Ángel	SE07-4	158	López Espinoza Erika Danaé*	SE02-4	138
Juárez Torres José Ángel	SE07-11	159	López Espinoza Erika Danaé	SE03-7	142
Juárez Velarde Jessica	FE-27	37	López Espinoza Erika Danaé	SE11-7	172
Junge Andreas	EG-7	27	López Flores Ximena*	CCA-34	19
Junge Andreas	EG-30 CARTEL	32	López García Pedro A.	SE04-7	146
Jurado-Ruiz Brian Enrique*	SE06-16 CARTEL	156	López González José	GEOH-23	47
Kaandorp Mikael	OCE-38	98	López González José	SE09-9 CARTEL	167
Karkar Ouajd	AR-11 CARTEL	3	López González José	SE15-4	185
Karlovich Yuri*	FE-19	36	López González José	SE15-14 CARTEL	188
Kazachkina Ekaterina	GET-1	55	López-Lara Teresa	CS-23 CARTEL	11
Kazachkina Ekaterina	SIS-26	119	López Luna Diana Guadalupe	SE15-2	185
Knappett Peter	GEOH-3	42	López Manuel	OCE-30	96
Köhler Jonas	SIS-19	118	López Martínez Margarita	GET-12	57
Kono Martínez Tadashi*	OCC-7	86	López-Martínez Rafael	CS-16 CARTEL	9
Kostoglodov Vladimir	GEOD-5	41	López Mejía Javier	AR-4	1
Kostoglodov Vladimir*	GET-1	55	López Mejía Javier	AR-14 CARTEL	3
Kostoglodov Vladimir	OCE-36	97	López Moisés	RN-9	105
Kostoglodov Vladimir	SIS-26	119	López Montes Rebeca	FE-3	33
Kotzakoulakis Konstantinos	OCE-6	91	López Penélope	VUL-4	128
Kravchinsky Vadim	GEOPAL-7	68	López Rafael	CS-15 CARTEL	9
Kravchinsky Vadim	GEOPAL-16	70	López-Ramade Eduardo	SE15-9 CARTEL	187
Kshirsagar Pooja	GEOH-2	42	López-Ramade Eduardo	SE15-11 CARTEL	187
Kshirsagar Pooja	GEOH-6	43	López Rocha Jorge A.	SE15-8	186
Kshirsagar Pooja	GET-21 CARTEL	60	López Saucedo Felipe de Jesús	CS-10	7
Kshirsagar Pooja	SED-3	111	López Saucedo Felipe de Jesús	GEOH-15	45
Kshirsagar Pooja*	VUL-30 CARTEL	135	López Urias Charbeth*	FE-3	33
Kurczyn Alejandro*	OCE-2	90	López Valdés Nestor	RN-8	104
Kurczyn Alejandro	OCE-27	95	López Vega Istria*	VUL-15	131
Kurczyn Alejandro	SE15-8	186	López Vega Jesús Eduardo*	VUL-14	131
Kurgaeva Anastasiia	CS-11	7	López-Villagómez Óscar*	EG-21	30
Ladah Lydia	SE01-8 CARTEL	137	López-Villalobos Carlos*	SE09-3	166
Ladino Luis A.	CCA-41	21	Loredo Portales René	GEOH-33 CARTEL	50
Ladino Luis A.	CCA-57 CARTEL	24	Loyola Martínez Erika*	GEOH-16	45
Landon Nicolas	GEOQP-11	74	Loza Aguirre Isidro	GEOH-42 CARTEL	52
Lanzano Giovanni	SIS-2	114	Loza Aguirre Isidro	GET-21 CARTEL	60
Lara Cera Andrea Rebeca*	OCC-14	87	Loza Aguirre Isidro	SE14-18	179
Lara González Gabriela del Carmen*	GEOQP-9	74	Loza-Palestina Armando	SE02-2	138
Lara Julio*	OCE-17	93	Loza-Palestina Armando	SE02-3	138
Lara Lara José Rubén	OCE-4	90	Loza-Palestina Armando	SE02-5	139
Lara-Peña R. Aaron*	SE05-13	151	Loza-Palestina Armando	SE02-7	139
Lara-Ruiz Jorge Iván	VUL-22 CARTEL	133	Loza-Palestina Armando*	SE02-8	139
Lázaro Paz Cinthia Carina*	GEOQP-14	75	Loza-Palestina Armando	SE02-9	139
Lazcano Javier	SE14-34 CARTEL	183	Loza Rodríguez Eduardo*	SE01-5 CARTEL	136
Leal Cuellar Victor Alejandro*	GEOQP-8	74	Lozada González Eddy	EG-31 CARTEL	32
Leal Daniela*	CCA-57 CARTEL	24	Lozano García Socorro	CCA-1	12
Legrand Denis	SIS-35	121	Lozano Hernández Baltazar	SE14-6	176
Leiva Castilla María Gabriela	OCC-9	86	Lozano Hernández Baltazar	SE14-31 CARTEL	183
Leiva Jesus Raymundo*	GP-5	54	Lozano-Rodríguez Jennifer*	SE06-9 CARTEL	155
León Cruz José Francisco*	CCA-9	14	Lucas Christian	GP-5	54
León Cruz José Francisco	CCA-14	15	Lucas Christian	GET-24 CARTEL	61
León Figueroa Leonardo de Santiago*	GEOPAL-3	67	Lucci Federico	VUL-4	128
León-Soto Gerardo	SIS-18	117	Lucci Federico	VUL-5	129
Leerma Rodríguez Omar*	GEOQP-2	72	Luna Aranguré Carlos A.*	CCA-25	17
Levresse Gilles	CCA-33	19	Luna-Aranguré Carlos Alejandro	CCA-23	17
Levresse Gilles	GEOH-26	48	Luna-Calderón Luis David*	SE06-2	153
Levresse Gilles	GET-13	58	Luna Taylor Jorge Enrique	OCE-9	91
Levresse Gilles	GEOQP-11	74	Luna Villavicencio Hugo	GGA-2	63
Lezama Campos Jose Luis	GEOH-22	47	Luna-Villavicencio Hugo*	RN-29 CARTEL	109
Li Wei	SIS-19	118	Lüneberg Kathia	CS-4	5
Li Yanmei	EG-4	26	Lupi Matteo	SIS-13	116
Li Yanmei	GEOH-2	42	Lupi Matteo	VUL-13	131
Li Yanmei	GEOH-3	42	Maass Moreno José Manuel	GEOH-18	46
Li Yanmei	GEOH-6	43	Macías-Bermúdez Saúl	VUL-22 CARTEL	133
Li Yanmei	GEOH-42 CARTEL	52	Macías José Luis	GEOQP-6	73
Li Yanmei	SED-3	111	Macías José Luis	RN-1	103
Lima Velázquez Rosalba*	SE07-1	157	Macías José Luis	RN-22 CARTEL	108
Limon Carlos	CS-9	7	Macías José Luis	VUL-3	128
Limón-Covarrubias Pedro	CS-23 CARTEL	11	Macías José Luis	VUL-9	130
Liñán Abanto Rafael*	CCA-43	21	Macías José Luis	VUL-10	130
Linares Pérez Juan Eduardo*	MSG-8	82	Macías José Luis	VUL-19 CARTEL	132
Linares Pérez Juan Eduardo*	MSG-12	83	Macías José Luis	VUL-20 CARTEL	132
Lino Solano José Juan	CCA-3	12	Macías-Medrano Sergio	SE07-12	159
Lira Martínez Manuel Alejandro	EG-23 CARTEL	31	Macías-Medrano Sergio	SE07-15	160
Lizano Rodríguez Omar Gerardo	OCC-9	86	Macías Vazquez Carlos E.	CCA-49 CARTEL	22
Lizardo Castro Cecilia*	SE07-18 CARTEL	161	Maciel Christian Alexander*	GEOH-20	46
Llamas-Jiménez Leonardo A.	SE06-7	154	Maciel Christian Alexander*	GGA-9	65
Llamas-Jiménez Leonardo A.	SE06-8	154	Maciel Roberto	GEOH-20	46
Lobelle Delphine	OCE-38	98	Maciel Roberto	GGA-9	65
López Álvarez Briseida	MSG-16 CARTEL	84	Magaldi Hermsillo Adolfo	SE04-3	145
López Arce Montejano Oscar Daniel	SIS-21	118	Magaña Rueda Víctor O.	CCA-45 CARTEL	21

Magaña Victor*	CCA-7	13	Mastache Román Edgar Agustín	EG-28 CARTEL	32
Magaña Victor*	CCA-13	14	Mastache Román Edgar Agustín	GET-28 CARTEL	62
Magaña Victor*	RN-9	105	Mastache Román Edgar Agustín	RN-3	103
Magar Vanesa	SE09-2	166	Mateos Efrain*	SE09-1	166
Magar Vanesa	SE09-5	167	Matías Pérez Víctor	GP-3	53
Magar Vanesa*	SE09-10 CARTEL	168	Matías Pérez Víctor	GP-7	54
Makovsky Kyle	GEOQP-30 CARTEL	79	Matiz-Moreno Gustavo	GEOD-1	40
Maldonado Moreno Edy Juan José	VUL-17	131	Maya Magaña María Eugenia	SE11-2	171
Maldonado Roberto	GET-5	56	Mayer Sergio	SIS-41 CARTEL	122
Maldonado Roberto	SE05-2	148	Mayer Sergio*	SIS-47 CARTEL	123
Maldonado Roberto*	SE05-4	149	Mazloff Matthew	OCC-3	85
Maldonado Roberto	SE05-5	149	McClung Heumann Emily	AR-9 CARTEL	2
Maldonado Roberto	SE05-9	150	McClung Heumann Emily*	AR-10 CARTEL	3
Maldonado Roberto	SE05-14	151	McClung Heumann Emily	AR-11 CARTEL	3
Maldonado Roberto	SE05-15	151	McClung Heumann Emily	AR-14 CARTEL	3
Malpica Osorio Elisa Vianey*	SE14-35 CARTEL	184	Medellín Gabriela	SE15-9 CARTEL	187
Maltseva Olga	FE-13	35	Medellín Gabriela	SE15-11 CARTEL	187
Mancera-Alejandro Javier*	SE07-12	159	Medellín Gabriela*	SE15-12 CARTEL	187
Mancera-Alejandro Javier*	SE07-15	160	Medina Pérez Edgar*	GET-15	58
Mandujano García Cruz Daniel	GGA-1	63	Medina Pérez Edgar	SE14-15	179
Mandujano García Cruz Daniel	SE07-3	157	Medina Ramírez Elián Mauricio	GEOH-45 CARTEL	52
Manral Darshika	OCE-38	98	Medina Rosado José Alejandro*	GEOH-25	48
Manzanilla Linda R.	AR-7	2	Medina del Ángel Marco Antonio Alonso	FE-1	33
Manzo Garrido Maribel	GEOH-7	43	Medina del Ángel Marco Antonio Alonso*	FE-25	37
Marchesi Claudio	GEOQP-14	75	Medrano Jaimes Hernan Favio*	SE11-4	172
Marín Guzmán Ana Pilar	OCC-21 CARTEL	89	Mejía Ambriz Julio	FE-15	35
Marín Mark	OCE-2	90	Mejía Ambriz Julio	FE-32 CARTEL	38
Mariño Tapia Ismael	GEOH-27	48	Mejía Ambriz Julio	SE04-14 CARTEL	147
Marquez Amaru	OCE-24	95	Mejía Ambriz Julio César	FE-6	34
Márquez Caballé Rafael Francisco*	CS-1	5	Mejía Ambriz Julio César*	FE-27	37
Márquez Isabel	CCA-57 CARTEL	24	Mejía Estrada Pamela Iskra	CCA-30	18
Márquez Ramírez Víctor Hugo	EG-30 CARTEL	32	Mejía Orozco Jaquelin*	FE-34 CARTEL	39
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-14	117	Mejía Pérez José Alfredo	EG-29 CARTEL	32
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-28	119	Mejía Pérez José Alfredo	RN-24 CARTEL	108
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-44 CARTEL	123	Mejía Pérez José Alfredo	SE07-5	158
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE04-3	145	Mejía Pérez José Alfredo	SE07-18 CARTEL	161
Márquez Salazar Alan	GEOPAL-12	69	Mejía Piña Karla Gabriela	SE07-16 CARTEL	160
Martel Richard	GEOH-8	43	Mejía Piña Karla Gabriela	SE11-8	172
Martí Joan*	SE08-12	165	Mejía-Trejo Adán*	OCC-13	87
Martin Aaron	GEOQP-9	74	Meléndez Carrera Vivian Paulina	CCA-30	18
Martín Romero Francisco	CS-18 CARTEL	9	Meléndez Carrera Vivian Paulina*	SE02-11	140
Martín Romero Francisco	CS-22 CARTEL	10	Melgar Nieto Bely Iván*	MSG-14	84
Martín Romero Francisco	GGA-6	64	Melgarejo Morales Angela	FE-7	34
Martín-Ruiz Gonzalo	SE15-12 CARTEL	187	Melgarejo Morales Angela	FE-13	35
Martínez Arroyo Amparo*	SE18-1	190	Melgarejo Morales Angela	FE-22	36
Martínez Fierros Alejandro	VUL-16	131	Melgarejo Morales Angela*	FE-29 CARTEL	38
Martínez Galarza Ricardo Adrián	OCC-14	87	Méndez Alarcón Miguel Ángel	SIS-48 CARTEL	123
Martínez-González José A.	EG-13	29	Mendez Barroso Luis	SE09-9 CARTEL	167
Martínez González José A.	EG-18	30	Méndez Delgado Sostenes	GP-1	53
Martínez-González José A.*	SE04-12	147	Méndez Díaz Cristal*	CCA-2	12
Martínez Gutiérrez Leslie Abigai	GEOH-4	42	Méndez Jesús*	SE04-8	146
Martínez-Izaguirre Evelin	GEOPAL-9	68	Méndez Matías	SE11-6	172
Martínez-Jardines Gerardo	CS-6	6	Méndez Patiño Arturo	FE-20	36
Martínez-Jardines Gerardo	CS-12	8	Mendiola López Fabiola	VUL-29 CARTEL	134
Martínez-Jardines Gerardo	CS-17 CARTEL	9	Mendoza Bárcenas Mario Alberto*	FE-17	36
Martínez Jardines Luis Gerardo	CS-14 CARTEL	8	Mendoza Borunda Ramón	GET-28 CARTEL	62
Martínez Jardines Luis Gerardo	CS-19 CARTEL	10	Mendoza Borunda Ramón*	RN-3	103
Martínez Jardines Luis Gerardo	CS-22 CARTEL	10	Mendoza Carvajal Antonio de Jesús*	SIS-53 CARTEL	125
Martínez López Benjamín*	CCA-15	15	Mendoza Carvajal Antonio de Jesús*	SE13-3	173
Martínez López Benjamín*	CCA-16	15	Mendoza Garcilazo Luis Humberto	SIS-52 CARTEL	124
Martínez López Benjamín*	CCA-42	21	Mendoza Garcilazo Luis Humberto	SIS-57 CARTEL	126
Martínez López Benjamín*	OCE-41	98	Mendoza Ponce Avith del Refugio*	SIS-43 CARTEL	122
Martínez Mirón Yleana Claudia	EG-29 CARTEL	32	Mendoza Sebastián	CS-20 CARTEL	10
Martínez Mirón Yleana Claudia	RN-24 CARTEL	108	Mendoza-Téllez Sebastián*	FE-35 CARTEL	39
Martínez Mirón Yleana Claudia	SE07-4	158	Meraz Acevedo Griselda	SE08-10	164
Martínez Mirón Yleana Claudia*	SE07-5	158	Mercer Celestine N.	GEOQP-29 CARTEL	79
Martínez Mirón Yleana Claudia	SE07-11	159	Merida Boogher Roberto	VUL-17	131
Martínez Mirón Yleana Claudia	SE07-18 CARTEL	161	Meunier Thomas	OCE-12	92
Martínez Nicolás Alma*	MSG-2	81	Meunier Thomas	OCE-24	95
Martínez-Pabello Pavel Ulianov*	CS-15 CARTEL	9	Meza Carreto Jaime*	SE09-6	167
Martínez-Paco Margarita	SE14-14	178	Miggins Daniel	VUL-9	130
Martínez Serrano Raymundo	GEOQP-20	77	Miggins Daniel	SE14-5	176
Martínez Trinidad Sergio	GGA-5	64	Millán Carmen	GET-7	56
Martínez Valdez Alexandra Shaday	CS-5	6	Minjarez Sosa Carlos Manuel	RN-21 CARTEL	107
Martínez-Yrizar Diana*	AR-9 CARTEL	2	Miranda Avilés Raúl	GEOH-3	42
Martínez Yrizar Diana	AR-10 CARTEL	3	Miranda Avilés Raúl	GEOH-42 CARTEL	52
Martínez Yrizar Diana	AR-11 CARTEL	3	Miranda-Avilés Raúl	SED-3	111
Martínez Zermeño María Luisa Zenaida	GEOH-9	44	Miranda-Avilés Raúl	VUL-30 CARTEL	135
Martini Michelangelo	SE05-11	150	Miranda Bojorquez Luis Erasmo	OCE-28	96
Martini Michelangelo	SE05-16	152	Miranda Bojorquez Luis Erasmo	OCE-29	96
Martini Michelangelo*	SE05-19 CARTEL	152	Miranda Claudes Blanca Adilen*	CCA-35	19
Martiny Kramer Barbara Mary	GET-6	56	Miranda Javier	CCA-41	21
Maslo Aljaz	SE15-3	185	Miranda Raúl	GEOH-6	43
Mastache Román Edgar Agustín	EG-16	29	Miron Philippe	OCE-38	98
Mastache Román Edgar Agustín	EG-19	30	Miros Gómez Jorge Alberto*	SE08-2	162

Miros Jorge A.	SE08-11	164	Morales Juan	GEOPAL-7	68
Mitre Apaez Andrea*	OCE-51 CARTEL	101	Morales Juan	GEOPAL-13	69
Mitre Apaez Andrea	SE03-2	141	Morales Juárez Silvia Patricia*	AR-13 CARTEL	3
Miyazawa Masatoshi	SIS-5	115	Morales Martínez Jorge Luis	GEOH-3	42
Moctezuma Ochoa Daniela Alejandra	GEOH-29	49	Morales Martínez Marco Aurelio*	CCA-52 CARTEL	23
Molina-Espinoza Lázaro	GP-7	54	Morales Melquiades Alexis*	FE-4	33
Molina Garza Roberto Stanley	SE14-16	179	Morales Pérez Alina*	SE03-2	141
Molina Garza Roberto Stanley	SE14-17	179	Morales Hernández Julio Cesar	CCA-48 CARTEL	22
Molina Garza Roberto Stanley	SE14-32 CARTEL	183	Morán Ramírez Janete	GEOH-1	42
Molina Garza Roberto Stanley	SE14-34 CARTEL	183	Morán Ramírez Janete*	GEOH-4	42
Molina Macklitz Marco Antonio*	SED-4	112	Morán Ramírez Janete	GEOH-16	45
Molina Paola	CS-20 CARTEL	10	Morán Ramírez Janete	GEOH-17	46
Molina Paola	FE-35 CARTEL	39	Morán Ramírez Janete	GEOH-22	47
Molina Paola*	FE-37 CARTEL	39	Morán Ramírez Janete	GEOH-32 CARTEL	49
Monarrez Aguilar Alexandra*	GEOH-38 CARTEL	51	Morán Rodríguez Sonia*	RN-11	105
Moncada-Cooley Roberto	OCC-13	87	Morán Zenteno Dante Jaime	GET-6	56
Moncada María	RN-15	106	Morán Zenteno Dante Jaime	SE14-23	181
Mondragón Rodríguez Román Damián*	MSG-11	83	Morán Zenteno Dante Jaime	SE14-27	182
Monjardín-Quevedo Jesús	GEOD-1	40	Moreles Vázquez Luis Efraín*	OCE-14	92
Monreal Jiménez Rosalinda	CCA-38	20	Morelos Lucero	SE08-11	164
Monreal Jiménez Rosalinda	OCC-18	88	Moreno Casasola Patricia	RN-18	107
Monreal Jiménez Rosalinda	SE02-11	140	Moreno-Rodríguez Verónica	SE10-4	170
Monreal Méndez Cynthia Hazel	SE07-13	160	Moreno-Rodríguez Verónica	SE10-6	170
Monreal Méndez Cynthia Hazel	SE08-13 CARTEL	165	Moreno Rojo Ricardo*	GGA-12 CARTEL	66
Monreal Rogelio	PALEO-1 CARTEL	102	Moreno Roso Sol de Jesús	CS-8	7
Monreal Roque Eduardo*	SE05-3	148	Moreno Sol	CS-11	7
Monreal Roque Eduardo	SE05-17 CARTEL	152	Morett Luis	AR-2	1
Monsalve Martínez Jorge Luis*	EG-30 CARTEL	32	Mortera Carlos	GET-7	56
Montalvo Arrieta Juan Carlos	EG-16	29	Mortera Gutiérrez Carlos A.	SE16-1	189
Montalvo Arrieta Juan Carlos	GEOQP-8	74	Mortera Gutiérrez Carlos A.	SE16-2	189
Montalvo Arrieta Juan Carlos*	SIS-8	115	Morton Bermea Ofelia	GEOH-35 CARTEL	50
Montalvo Arrieta Juan Carlos	SIS-38	121	Munguía Daniela	OCE-5	91
Montalvo Arrieta Juan Carlos	SIS-46 CARTEL	123	Munguía Daniela	OCE-18	93
Montalvo-Lara Carlos Emilio	SIS-21	118	Munguía Daniela*	OCE-22	94
Montalvo-Lara Carlos Emilio*	SIS-46 CARTEL	123	Munguía Orozco Luis	SIS-56 CARTEL	125
Montecelos Zamora Yalina	GEOH-15	45	Muñoz Burbano Francisco Javier*	SIS-13	116
Monterde Andrade Fernando*	FE-14	35	Muñoz Esperanza	SED-2	111
Monterde Andrade Fernando	FE-26	37	Muñoz Francisco	VUL-13	131
Monterde Gutiérrez Daniela Irais*	CCA-14	15	Muñoz Salazar José Emmanuel	SE07-14	160
Montero Cabrera María Elena	SE06-4	153	Muñoz Salazar Joshua Iván*	SE07-14	160
Montero Cabrera María Elena	SE06-5	154	Muñoz Torres María Carolina	SE03-6	142
Montero Cabrera María Elena	SE06-14 CARTEL	156	Murillo Dromundo Fernanda*	VUL-23 CARTEL	133
Montero León Zamira Yuminee*	CCA-6	13	Murillo Dromundo Fernanda	VUL-24 CARTEL	133
Montero María	SE06-3	153	Murillo Dromundo Fernanda	VUL-25 CARTEL	134
Montero Martínez Guillermo*	CCA-14	14	Murrieta León Juan Eduardo	SE03-5	142
Montero Martínez Guillermo	CCA-34	19	Nájera González Areli	CCA-54 CARTEL	23
Montero Martínez Guillermo	CCA-35	19	Narváez Rodríguez Karina	SE07-13	160
Montero Martínez Martín José	CCA-51 CARTEL	22	Nava Pichardo Fidencio Alejandro*	SIS-20	118
Monterrubio Martínez Erandi*	RN-18	107	Navarro Estrada Fernando	SIS-53 CARTEL	125
Montes-Aréchiga Jorge	OCE-37	98	Navarro Estrada Fernando	SE13-3	173
Montes Aréchiga Jorge Manuel*	SE01-4	136	Navarro Frias Francisco Javier	GEOH-9	44
Montes Ávila Isidro	GGA-4	64	Navarro León Rodrigo	EG-17	29
Montiel Teran Juan Pablo*	SE14-9	177	Navarro Rafael	CS-20 CARTEL	10
Montoya-López Emilio*	SE06-11 CARTEL	155	Navarro de León Ignacio	GEOH-8	43
Montoya Paula	GEOQP-11	74	Navas-Parejo Pilar	SE05-10	150
Montoya Quintanar Edgar	SIS-53 CARTEL	125	Navas-Parejo Pilar*	SE05-11	150
Monzón César Octavio	CCA-29	18	Navas-Parejo Pilar	SE05-12	151
Monzón César Octavio	OCC-16	88	Navas-Parejo Pilar	SE05-13	151
Monzón César Octavio	SE01-3	136	Navas-Parejo Pilar	SE05-14	151
Moore Andrew	OCE-1	90	Naves Acacia	GEOH-3	42
Moore Andrew	OCE-51 CARTEL	101	Nayak Karan*	GEOD-6	41
Moore Frances C.	CCA-24	17	Nayak Karan	GEOD-7 CARTEL	41
Mora Escalante Rodney Eduardo	OCC-9	86	Negrón Mendoza Alicia	FE-37 CARTEL	39
Mora Escalante Rodney Eduardo*	OCE-7	91	Negrón Mendoza Alicia	GEOQP-31 CARTEL	79
Mora Juan Carlos	SE08-11	164	Neri Hernández Omar	GEOH-7	43
Mora Ortiz Teresita de Jesús*	GEOH-36 CARTEL	50	Neri Hernández Omar*	GGA-11 CARTEL	66
Mora Palomino Lucy	CS-1	5	Neri Iris*	GEOH-27	48
Mora Palomino Lucy	CS-7	6	Neumann Florian*	GET-17 CARTEL	59
Mora Ramírez Marco Antonio*	CCA-39	20	Newton Bosch Bertha Jania*	FE-26	37
Moraila Valenzuela Carlos Ramón*	GEOD-3	40	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-20 CARTEL	60
Morales Arispuro Hiram	SE05-11	150	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-21 CARTEL	60
Morales Arredondo José Iván	GEOH-7	43	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-22 CARTEL	60
Morales Arredondo José Iván*	GEOH-35 CARTEL	50	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-23 CARTEL	60
Morales Arredondo José Iván	GEOH-40 CARTEL	51	Nishimura Takuya	SIS-26	119
Morales Arredondo José Iván	RN-8	104	Norden Ben	GET-17 CARTEL	59
Morales Arredondo José Iván	RN-28 CARTEL	109	Noury Mélanie*	GET-16	59
Morales Casique Eric	GEOH-22	47	Noury Mélanie	GET-27 CARTEL	61
Morales Casique Eric	GEOH-28	48	Noury Mélanie	GEOQP-16	76
Morales Casique Eric	RN-7	104	Noury Mélanie	SE10-3	169
Morales-Contreras Juan	GEOPAL-11	69	Noury Mélanie	SE10-4	170
Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-16	70	Novelo Casanova David Alberto*	RN-10	105
Morales Espinoza Karen	AR-13 CARTEL	3	Novelo Casanova David Alberto	RN-14	106
Morales Hernández Julio Cesar	CCA-54 CARTEL	23	Noyola Medrano Cristina*	SE03-8	142
Morales Juan	CS-9	7	Núñez Alejandra*	SIS-52 CARTEL	124
Morales Juan	GEOPAL-2	67	Núñez Cornú Francisco Javier	EG-6	27

Núñez Cornú Francisco Javier*	SIS-15	117	Ortiz Enrique Octavio*	GEOH-30	49
Núñez Diana	SIS-15	117	Ortiz Joya Guillermo	SE14-9	177
Núñez Escribano Diana	EG-6	27	Ortiz Joya Guillermo	SE14-10	177
Núñez Fernández Tihui	GEOH-27	48	Ortiz Joya Guillermo Arturo	GEOPAL-6	68
Núñez Flores Daisy Karina*	MSG-16 CARTEL	84	Ortiz Olvera Violeta*	SE10-4	170
Núñez Leal María Alejandra	SIS-57 CARTEL	126	Ortiz Ruiz Laura Fabiola*	CS-19 CARTEL	10
Núñez Useche Fernando	GEOQP-7	73	Ortuño Bonilla Nancy Berenice	RN-24 CARTEL	108
Núñez Verdugo Sophia Cristina	VUL-23 CARTEL	133	Osorio Salamanca Víctor Jair	EG-29 CARTEL	32
Núñez Verdugo Sophia Cristina	VUL-24 CARTEL	133	Osorio Santiago Erick	GP-2	53
Núñez Verdugo Sophia Cristina*	VUL-25 CARTEL	134	Osorio-Tai María Elena*	CCA-12	14
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-11	87	Osuna Cañedo José Pedro	OCE-7	91
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCE-31	96	Osuna Cañedo José Pedro	OCE-45	99
Obregón Cardona Mauricio	AR-8	2	Osuna Cañedo Pedro	OCE-11	92
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	SED-8	112	Osuna Pedro	OCE-15	93
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	VUL-19 CARTEL	132	Osuna Pedro*	OCE-20	94
Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto*	SE14-14	178	Ovando Vázquez Cesaré	GEOH-29	49
Ocampo Jaimes Jesús*	OCE-35	97	Ovando Vázquez Cesaré	RN-20	107
Ocampo Pérez Raúl	GP-3	53	Oviedo Angélica	SE06-7	154
Ocampo Torres Francisco Javier	OCC-24 CARTEL	89	Oviedo Angélica	SE06-8	154
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-7	91	Oviedo-García Angélica	SE06-2	153
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-11	92	Oviedo-García Angélica	SE06-6	154
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-15	93	Pacheco-Castro Roger	SE15-13 CARTEL	187
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-20	94	Pacheco Castro Roger Benito	GEOH-23	47
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-40	98	Pacheco Castro Roger Benito*	GEOH-24	47
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-42	99	Pacheco Castro Roger Benito	GEOH-34 CARTEL	50
Ocampo Torres Francisco Javier	OCE-45	99	Pacheco Castro Roger Benito	SE15-7	186
Ocampo Torres Francisco Javier	RN-19	107	Pacheco Estrada Esteban de Jesús*	VUL-27 CARTEL	134
Ocañas Fernández Ezequiel*	EG-26 CARTEL	31	Pacheco Guerrero Anuard	GGA-2	63
Ochoa-Armenta Ricardo*	FE-8	34	Pacheco Martínez Jesús	GGA-2	63
Ochoa-González Gil Humberto	RN-29 CARTEL	109	Pacheco-Martínez Jesús	RN-29 CARTEL	109
Ochoa-Landín Lucas	SE10-6	170	Pacheco Roger	GEOH-25	48
Ochoa Martínez Carolina Andrea	CCA-19	16	Pacheco-Rojas Daniel A.	SE09-10 CARTEL	168
Ochoa Martínez Carolina Andrea	CCA-52 CARTEL	23	Pacor Francesca	SIS-2	114
Ochoa Moya Carlos A.	CCA-4	13	Padilla Ayón Rodrigo*	CCA-48 CARTEL	22
Ochoa Moya Carlos A.*	CCA-49 CARTEL	22	Padilla-Ceniceros Raudel	SE07-8	159
Ochoa Moya Carlos A.	CCA-50 CARTEL	22	Paez Reyes Manuel	GEOPAL-19 CARTEL	71
Ojeda Espinoza Alan Isai	VUL-23 CARTEL	133	Palacios Emilio*	SE01-6 CARTEL	136
Ojeda Espinoza Alan Isai*	VUL-24 CARTEL	133	Palacios Fonseca Ana Alicia	CCA-30	18
Ojeda Espinoza Alan Isai	VUL-25 CARTEL	134	Palacios-García Norma Betania*	GET-3	55
Ojeda Juárez Héctor	SE14-15	179	Palacios Hernández Emilio	SE01-3	136
Olaya Frank	OCE-24	95	Paladio Hernández Alejandro*	SE15-4	185
Olguín Martínez María Guadalupe*	GEOQP-30 CARTEL	79	Paladio Hernández Alejandro	SE15-6	186
Olivos Aramis	CCA-57 CARTEL	24	Paladio Hernández Alejandro*	SE15-14 CARTEL	188
Olivos Aramis	SE15-2	185	Palafox González Abel*	MSG-13	83
Olmos Luis	MSG-9	82	Pallás Sanz Enric	OCE-21	94
Olmos Moya Paulina*	GET-22 CARTEL	60	Pallás Sanz Enric*	OCE-24	95
Olmos Moya Paulina	GET-23 CARTEL	60	Palma Galindo Ibrahim*	OCE-25	95
Olvera Fuentes Norma Elizabeth	CCA-27	17	Pamphile Ranchy Dean Anderson	SIS-29	120
Olvera Prado Erick Raúl	OCE-14	92	Pamphile Ranchy Dean Anderson	SIS-30	120
Olvera Prado Erick Raúl	SE15-3	185	Pano Norma Susana	GEOQP-19	76
Ordaz Mario	SIS-17	117	Pantoja González Diego Armando	SE01-1	136
Ordaz-Zubia Velia Yolanda	GEOH-2	42	Pantoja González Diego Armando*	SE01-2	136
Orozco Esquivel María Teresa	GET-11	57	Pantoja González Diego Armando	SE01-5 CARTEL	136
Orozco Esquivel María Teresa	GET-12	57	Pantoja González Diego Armando	SE01-7 CARTEL	137
Orozco Esquivel María Teresa	GEOQP-12	75	Pardo Pedrote Ignacio A.*	RN-4	103
Orozco Uribe Landy Carolina*	GEOH-18	46	Paredes Arriaga Alejandro*	GEOQP-31 CARTEL	79
Orozco del Castillo Mauricio Gabriel	CCA-56 CARTEL	23	Parés Alejandro	OCC-15	88
Orrala Legorreta Isaac David	FE-7	34	Parolari Mattia	GET-18 CARTEL	59
Orrala Legorreta Isaac David	FE-13	35	Parra Guevara David*	CCA-20	16
Orrala Legorreta Isaac David*	FE-22	36	Pastor Galán Daniel	SE14-16	179
Orrala Legorreta Isaac David	FE-30 CARTEL	38	Patiño Méndez Gerardo	SE14-16	179
Orrala Legorreta Isaac David	FE-36 CARTEL	39	Patiño Méndez Gerardo*	SE14-32 CARTEL	183
Ortega Beatriz	CS-11	7	Patlan García # Nayeli Anai*	SE11-7	172
Ortega Felix Luis Angel*	SE10-5	170	Paz Hernández Horacio	GEOH-18	46
Ortega Flores Berlaine	SE05-14	151	Paz Moreno Francisco Abrahan	GEOPAL-3	67
Ortega Guerrero Beatriz	CS-13 CARTEL	8	Pazos Espejel Marni Margarita	FE-4	33
Ortega Guerrero Beatriz	CCA-1	12	Pazos Marni	CCA-7	13
Ortega Guerrero Marcos Adrián*	GEOH-10	44	Peiffer Löic	EG-2	26
Ortega Guerrero Marcos Adrián	GEOH-18	46	Peiffer Löic	EG-3	26
Ortega Guerrero Marcos Adrián*	SE07-2	157	Peiffer Löic	EG-10	28
Ortega Gutiérrez Fernando	SE14-24	181	Peiffer Löic	GEOQP-30 CARTEL	79
Ortega Gutiérrez Joel Edmundo	GEOH-35 CARTEL	50	Peláez José Antonio	SIS-51 CARTEL	124
Ortega-Obregón Carlos	GET-5	56	Peña Alfredo	SE09-5	167
Ortega-Obregón Carlos	GEOQP-5	73	Peña Alfredo	SE09-10 CARTEL	168
Ortega-Obregón Carlos	SE05-5	149	Peña Alonso Tomás A.	SIS-28	119
Ortega-Obregón Carlos	SE05-15	151	Peña Alonso Tomás A.*	SE14-18	179
Ortega-Obregón Carlos	SE05-18 CARTEL	152	Peña Beltrán Yesica Ximena*	GEOQP-13	75
Ortega-Obregón Carlos*	SE10-1	169	Peña Coronado Saúl	GEOH-29	49
Ortega-Obregón Carlos	SE14-5	176	Peña Laura	CS-9	7
Ortega Roberto	MSG-5	82	Peralta Mendoza Iván Antonio	FE-1	33
Ortega Roberto	SIS-47 CARTEL	123	Peraza-Cantabrana Abraham Raziel	EG-1	26
Ortega Vega Oswaldo René*	CCA-51 CARTEL	22	Perdigón-Morales Juliet	CCA-47 CARTEL	22
Ortigosa Deneb*	SE03-13	143	Pérez Argueta Byron Isaías	RN-15	106
Ortigosa Gutierrez Jazmin Deneb	SE15-1	185	Pérez Bravo Pablo Uziel*	EG-31 CARTEL	32
Ortiz Bretón Luciana Sofía*	SE03-17 CARTEL	144	Pérez Brunius Paula*	OCE-12	92

Pérez Brunius Paula	OCE-13	92	Pineda-León Roberto*	CCA-47 CARTEL	22
Pérez Brunius Paula	OCE-25	95	Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-14	15
Pérez Calderón Daniel Armando*	SE16-2	189	Pineda Martínez Luis Felipe*	CCA-18	15
Pérez-Campos Xyoli	SIS-6	115	Pineda Martínez Luis Felipe	GGA-1	63
Pérez-Campos Xyoli	SIS-8	115	Pineda Martínez Luis Felipe	SE07-3	157
Pérez-Campos Xyoli	SIS-12	116	Pineda Orta Mónica Fernanda	SE08-1	162
Pérez-Campos Xyoli	SIS-18	117	Pineda Rodríguez Nathalia	GEOQP-14	75
Pérez-Campos Xyoli	SIS-25	119	Pioquinto Arcos Evelyn*	EG-3	26
Pérez-Campos Xyoli	SIS-31	120	Pioquinto Arcos Evelyn	EG-9	28
Pérez-Campos Xyoli*	SIS-33	121	Pita Díaz Oscar	CCA-30	18
Pérez-Campos Xyoli	SIS-46 CARTEL	123	Pita Díaz Oscar	SE11-3	171
Pérez-Campos Xyoli	SIS-53 CARTEL	125	Planagumà Llorenç	SE08-12	165
Pérez-Campos Xyoli*	SIS-59 CARTEL	126	Plata Hernández Elvia	GGA-10	65
Pérez-Campos Xyoli	SE13-1	173	Plata Hernández Elvia	SED-4	112
Pérez Chávez Carlos Alberto	SE14-16	179	Plata Hernández Elvia	SED-7	112
Pérez Chávez Carlos Alberto	SE14-32 CARTEL	183	Plata Hernández Elvia*	SED-8	112
Pérez Chávez Mario*	SE07-17 CARTEL	161	Polet Karen	CS-9	7
Pérez Corona Yuritzzy*	OCE-29	96	Pompa-Mera Valerie	SE14-26	181
Pérez Daniel	GET-7	56	Ponce Francisco	GET-7	56
Pérez Danna Yuridia	EG-24 CARTEL	31	Poom Medina José Luis	RN-31 CARTEL	110
Pérez Flores Marco Antonio	SE14-6	176	Porras-García Daniel*	SE06-10 CARTEL	155
Pérez Flores Marco Antonio	SE14-33 CARTEL	183	Porras Reza Sandra	SE07-14	160
Pérez Gutiérrez Rosalva	RN-4	103	Portela Esther	OCE-37	98
Pérez Jiménez Darinka Guadalupe	AR-13 CARTEL	3	Prado Jiménez Nelly Jatzely	EG-24 CARTEL	31
Pérez Juan Gabriel	OCE-24	95	Prado Pano Blanca Lucía	CS-1	5
Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel	SIS-27	119	Prado Pano Blanca Lucía	CS-7	6
Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel	SIS-29	120	Prado Pano Blanca Lucía	GEOH-28	48
Pérez Lara y Hernández Miguel Ángel	SIS-30	120	Prakash Divya	GEOQP-32 CARTEL	80
Pérez León José Enrique	FE-1	33	Pretelín Ramos José Daniel	SE07-14	160
Pérez León Miguel Angel	SE03-5	142	Previtali Franco	SED-5	112
Pérez Márquez Alma Lorena*	GEOH-28	48	Prieto Meléndez Rafael	FE-17	36
Pérez Martínez Isabel*	GEOH-14	45	Proenza Fernandez Joaquin Antonio	GEOQP-14	75
Pérez Martínez Isabel	GEOQP-19	76	Prol Ledesma Rosa María	EG-1	26
Pérez Martínez Patricia	AR-3	1	Prol Ledesma Rosa María	SE07-10	159
Pérez Morales Angélica Berenice	SE11-3	171	Puy-Alquiza María Jesús	SED-3	111
Pérez Moreno Francisco	SIS-27	119	Puy Alquiza María de Jesús	GEOH-3	42
Pérez Moreno Francisco	SIS-29	120	Puy María José	GEOH-6	43
Pérez Moreno Francisco	SIS-30	120	Puy y Alquiza María Jesús	EG-4	26
Pérez Navarro Marco Antonio*	OCE-9	91	Puy y Alquiza María Jesús	GEOH-2	42
Pérez Quezadas Juan	GEOH-12	44	Puy y Alquiza María de Jesús	VUL-30 CARTEL	135
Pérez Quezadas Juan	GEOH-13	45	Queché Juan Matheo	RN-15	106
Pérez Quezadas Juan	GEOH-37 CARTEL	51	Quevedo del Castillo Jocelyn Quetzali	FE-30 CARTEL	38
Pérez Reyes Victoria	SE06-4	153	Quinn Cervantes Luis Daniel	OCE-20	94
Pérez Reyes Victoria*	SE06-5	154	Quintana Rodríguez Juan Antonio	GEOD-2	40
Pérez Reyes Victoria	SE06-14 CARTEL	156	Quintanar Arturo	CCA-4	13
Pérez Rodríguez Nayeli*	GEOPAL-2	67	Quintanar Arturo	CCA-49 CARTEL	22
Pérez Rodríguez Vania Angélica	SE07-11	159	Quintanar Arturo	CCA-50 CARTEL	22
Pérez Sampablo Laura*	OCE-15	93	Quintanar Robles Luis	SIS-48 CARTEL	123
Pérez-Santana Jesús	SIS-54 CARTEL	125	Quintanar Robles Luis	SIS-53 CARTEL	125
Pérez Santana Jesús Antonio	SIS-53 CARTEL	125	Quinteros-Cartaya Claudia B.*	SIS-19	118
Pérez Solano Alejandro Isaac*	GEOPAL-6	68	Quinteros Cartaya Claudia Beatriz M.	SIS-60 CARTEL	126
Pérez Tania	RN-9	105	Rafkin Scot	CCA-44	21
Pérez Tijerina Eduardo	FE-1	33	Raga Graciela B.	CCA-57 CARTEL	24
Pérez Tijerina Eduardo	SE08-4	163	Ramírez Álvarez Emmanuel*	RN-13	105
Pérez Vargas y Castor Ceres del Rosario	CS-1	5	Ramírez Calderón Mónica	SE03-9	143
Pérez-Vega Azucena	GEOH-5	43	Ramírez Calderón Mónica	SE03-11	143
Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-21	77	Ramírez Calderón Mónica	SE03-12	143
Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-22	77	Ramírez Calderón Mónica	SE03-14	144
Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-23	77	Ramírez Calderón Mónica	SE05-9	150
Pérez Venzor José Antonio*	GEOQP-24	78	Ramírez Calderón Mónica*	SE05-18 CARTEL	152
Pérez Venzor José Antonio	SED-8	112	Ramírez Calderón Mónica	SE07-9	159
Pérez Venzor José Antonio	VUL-1	128	Ramírez Erik*	SIS-34	121
Pérez Venzor José Antonio	VUL-23 CARTEL	133	Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-3	72
Pérez Venzor José Antonio	VUL-24 CARTEL	133	Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-8	74
Pérez Venzor José Antonio	VUL-25 CARTEL	134	Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-12	75
Pérez Victoria	SE06-3	153	Ramírez Fernández Juan Alonso	SED-6	112
Pérez-Zárate Daniel	EG-1	26	Ramírez Fernández Juan Alonso*	SE05-1	148
Pérez de los Cobos M. Clara de Lacy	GEOD-1	40	Ramírez Fernández Juan Alonso	SE05-6	149
Perkins Sergio Bazán	GEOQP-25 CARTEL	78	Ramírez Fernández Juan Alonso	SE05-8	150
Perrin Mireille	GEOPAL-4	67	Ramírez Fernández Juan Alonso	SE08-4	163
Perron Pierre	CCA-21	16	Ramírez Fernández Juan Alonso	SE14-18	179
Perton Mathieu*	VUL-10	130	Ramírez González Lucía Magali	EG-4	26
Pi Piug Teresa	GEOQP-7	73	Ramírez González Lucía Magali*	GEOH-2	42
Piacsek Patricia*	CCA-55 CARTEL	23	Ramírez González Lucía Magali	GEOH-3	42
Pichardo Barrón Yolanda	SED-6	112	Ramírez Guzmán Alejandro Hermelindo	GEOH-11	44
Pichardo Velarde Jorge Gerardo	OCC-14	87	Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-49 CARTEL	124
Pielli-Espinosa Franco*	SE08-8	164	Ramírez Isaías*	SIS-9	115
Pierard Claudio	OCE-38	98	Ramírez López Fabián*	SE04-13 CARTEL	147
Pilatowsky Gruner Raiza	SE03-9	143	Ramírez Luna Angel*	AR-8	2
Pilatowsky Gruner Raiza	SE03-11	143	Ramírez Mendoza Rafael*	OCC-6	86
Pilatowsky Gruner Raiza	SE03-12	143	Ramírez Nájera José Ángel	SE04-10	147
Pilatowsky Gruner Raiza	SE03-14	144	Ramírez Pacheco Carlos	FE-33 CARTEL	38
Piña-Flores José*	SIS-55 CARTEL	125	Ramírez Peña César Francisco	GET-15	58
Piña-González Viridiana	GEOH-2	42	Ramírez Peña César Francisco	SE14-12	178
Piña González Viridiana*	GEOH-3	42	Ramírez Peña César Francisco	SE14-13	178

Ramírez Peña César Francisco	SE14-15	179	Reyes Martínez Carlos Simón*	EG-16	29
Ramírez Peña César Francisco	SE14-16	179	Reyes Martínez Carlos Simón	GET-28 CARTEL	62
Ramírez Peña César Francisco*	SE14-19	180	Reyes-Martínez Carlos Simón	RN-3	103
Ramírez Peña César Francisco	SE14-30 CARTEL	182	Reyes Matamoros Jenaro	CCA-39	20
Ramírez Peña César Francisco	SE14-32 CARTEL	183	Reyes-Orozco Violeta	SIS-13	116
Ramírez Rodríguez Azul U.*	AR-11 CARTEL	3	Reyes-Orozco Violeta Mirthala	VUL-13	131
Ramírez Salazar Anthony	SE03-9	143	Reyes Pimentel Thalía A.	EG-18	30
Ramírez Salazar Anthony	SE03-11	143	Reyes Romero Alejandro*	SIS-35	121
Ramírez Salazar Anthony	SE03-12	143	Reyna-Pérez Juan Antonio	CS-3	5
Ramírez Salazar Anthony	SE03-14	144	Reyna Vielma Roxana Joycie	SE04-5	146
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	RN-8	104	Reyna Vielma Roxana Joycie	SE04-10	147
Ramírez Serrato Nelly Lucero	RN-28 CARTEL	109	Ricardez Puente Luis Fernando*	SIS-4	114
Ramírez Silva Cristian Humberto	SIS-27	119	Ricardez Puente Luis Fernando	SIS-22	118
Ramírez Trejos Pablo Antonio*	CCA-46 CARTEL	22	Riley Pete	FE-28	38
Ramírez Vázquez Carlos Ariel	VUL-16	131	Rivas David	OCE-48 CARTEL	100
Ramírez Villa Roberto	CCA-30	18	Rivas Ruiz María Magdalena	SE15-3	185
Ramírez Villa Roberto*	SE11-3	171	Rivas Ruiz María Magdalena*	SE15-10 CARTEL	187
Ramos-Alvarez Xebastian	GEOH-5	43	Rivera Cárdenas Claudia	CCA-32	19
Ramos-Arias Mario Alfredo	GET-2	55	Rivera Claudia	CCA-37	20
Ramos Arias Mario Alfredo	SE14-25	181	Rivera García José Jovany*	GEOQP-12	75
Ramos Arroyo Yann René*	GEOH-5	43	Rivera Luis*	SE18-4	190
Ramos Arroyo Yann René	GGA-4	64	Rivera-Uría María Yazmin*	CS-6	6
Ramos Leal José Alfredo	EG-10	28	Rivera-Uría María Yazmin	CS-17 CARTEL	9
Ramos Leal José Alfredo*	GEOH-1	42	Riveros-Rosas David	CCA-41	21
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-4	42	Riveros-Rosas David	MSG-11	83
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-16	45	Roberge Julie	GEOQP-29 CARTEL	79
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-17	46	Roberge Julie	VUL-28 CARTEL	134
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-19	46	Robles Martínez Julissa	GEOQP-21	77
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-22	47	Robles Martínez Julissa*	GEOQP-22	77
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-32 CARTEL	49	Robles Martínez Julissa	GEOQP-24	78
Ramos Leal José Alfredo	MSG-16 CARTEL	84	Robles Mendoza Alejandra	RN-13	105
Ramos Leal José Alfredo	RN-27 CARTEL	109	Rocher Ana	SIS-26	119
Ramos Lora Aura*	GEOH-29	49	Rodríguez Arellano Edgar	CCA-18	15
Ramos-Matehuala Daniel	GEOH-5	43	Rodríguez Campero Diana Cecilia*	GEOH-8	43
Ramos Musalem Karina*	OCC-3	85	Rodríguez Contreras Perla	RN-25 CARTEL	108
Ramos Musalem Karina	OCC-20 CARTEL	89	Rodríguez-Díaz Augusto Antonio	EG-1	26
Ramos Organillo Francisco Javier*	RN-28 CARTEL	109	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	GEOQP-3	72
Ramos Pérez Omar*	CCA-4	13	Rodríguez-Díaz Augusto Antonio	SE05-6	149
Ramos Prado Luis Miguel*	GEOQP-3	72	Rodríguez-Domínguez Miguel*	SIS-6	115
Ramos-Rodríguez José Alejandro*	GGA-10	65	Rodríguez Gómez José Olegario*	GET-26 CARTEL	61
Ramos Salvio Alberto Gabriel	SE11-4	172	Rodríguez-González Baudelio	CCA-18	15
Ramos-Zuñiga Luis Gerardo	SIS-8	115	Rodríguez González Baudelio	GGA-1	63
Rangel García Martín	OCC-14	87	Rodríguez González Baudelio	GEO-7-3	157
Rangel Granados Elizabeth	GET-23 CARTEL	60	Rodríguez González Miguel	SE04-5	146
Rangel Granados Elizabeth*	SE03-16	144	Rodríguez González Miguel	SE04-10	147
Rasclé Nicolas	OCE-15	93	Rodríguez Guerra Yair*	SE06-4	153
Rasclé Nicolas	OCE-45	99	Rodríguez Guerra Yair	SE06-5	154
Rascón Heimpel Mario Arturo	SE10-2	169	Rodríguez Guerra Yair	SE06-14 CARTEL	156
Rascón Mendoza Ezequiel	GEOH-38 CARTEL	51	Rodríguez Guillermo Serafin*	GEOPAL-5	68
Real Jorge	GET-7	56	Rodríguez Hernández Osvaldo	SE09-7	167
Real Jorge	SIS-26	119	Rodríguez Hernández Osvaldo	SE09-8	167
Reina Gutiérrez Cristian Giovanny*	SIS-37	121	Rodríguez Javier	OCE-12	92
Rendon Contreras Héctor Javier	CCA-48 CARTEL	22	Rodríguez Julio C.	CCA-49 CARTEL	22
Rendón Vázquez José Daniel	SE05-3	148	Rodríguez Mario	FE-31 CARTEL	38
Rendón Vázquez José Daniel*	SE05-17 CARTEL	152	Rodríguez Mario*	SE18-2	190
Reséndiz Fuentes Danna Éricka*	SE03-11	143	Rodríguez Martínez Mario	FE-34 CARTEL	39
Resendiz Olvera Jaquelin	CS-5	6	Rodríguez Melgarejo Susana Abigail*	OCC-15	88
Restrepo Penagos Jimena*	GEOPAL-19 CARTEL	71	Rodríguez Pérez Quetzalcoat	EG-30 CARTEL	32
Rétiz García Mario	AR-12 CARTEL	3	Rodríguez Rasilla Iván*	SIS-11	116
Reveles Flores Sayde María Teresa	GGA-1	63	Rodríguez-Rasilla Iván	SIS-54 CARTEL	125
Reveles Flores Sayde María Teresa	SE07-3	157	Rodríguez-Sedano Luis Ángel	VUL-18	132
Revueltas José Eduardo*	GEOH-40 CARTEL	51	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-10	69
Reyes Agustín Gabriela	VUL-29 CARTEL	134	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-12	69
Reyes Arias Cinthia Yareli	SE07-19 CARTEL	161	Rodríguez Trejo Alejandro*	GEOPAL-14	70
Reyes Cedeño Isai Gerardo*	GGA-2	63	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-15	70
Reyes-Cedeño Isai Gerardo	RN-29 CARTEL	109	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-19 CARTEL	71
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-1	153	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-20 CARTEL	71
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-2	153	Rodríguez Trejo Alejandro*	SE04-3	145
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE06-3	153	Rodríguez Trejo Alejandro*	SE14-2	175
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE06-4	153	Rodríguez Trinidad Margarita	EG-31 CARTEL	32
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE06-5	154	Rodríguez Uribe María Carolina	CCA-54 CARTEL	23
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso*	SE06-6	154	Rodríguez Uribe María Carolina	GEOH-39 CARTEL	51
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-7	154	Rodríguez Vázquez Adalberto	SIS-38	121
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-8	154	Rodríguez Vázquez Sayury Guadalupe*	CCA-38	20
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-9 CARTEL	155	Rodríguez Vázquez Vanesa Estefanía*	SE07-3	157
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-10 CARTEL	155	Rodríguez Vega Antonio	CS-10	7
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-11 CARTEL	155	Rodríguez Vega Antonio	GEOH-15	45
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-12 CARTEL	155	Rodríguez Yair	SE06-3	153
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-13 CARTEL	156	Rojas Alfredo	FE-35 CARTEL	39
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE06-14 CARTEL	156	Rojas Beltrán Marco Antonio*	SE07-13	160
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-15 CARTEL	156	Rojas Beltrán Marco Antonio*	SE08-1	162
Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	SE06-16 CARTEL	156	Rojas Beltrán Marco Antonio	SE08-3	162
Reyes González María Fernanda*	GEOQP-29 CARTEL	79	Rojas Beltrán Marco Antonio*	SE08-13 CARTEL	165
Reyes Hernández Cristóbal*	OCC-12	87	Rojas Beltrán Marco Antonio	SE08-14 CARTEL	165
Reyes Hernández Cristóbal	OCE-34	97	Rojas Castillo Diana Ivett*	FE-18	36

Rojas Hernández Rodrigo*	SE04-5	146	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE09-9 CARTEL	167
Rojas Hernández Rodrigo*	SE04-10	147	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-1	185
Rojas José Alfredo*	CS-20 CARTEL	10	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-4	185
Rojas de Anda Georgina	OCE-12	92	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-6	186
Romero Andrade Rosendo	GEOD-6	41	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-7	186
Romero Andrade Rosendo	GEOD-7 CARTEL	41	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-8	186
Romero Andrade Rosendo	GEOD-8 CARTEL	41	Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-14 CARTEL	188
Romero Centeno Rosario	CCA-12	14	Salles Paulo	GEOH-24	47
Romero-Centeno Rosario	CCA-47 CARTEL	22	Salles Paulo	GEOH-25	48
Romero Centeno Rosario	CCA-51 CARTEL	22	Salles Paulo	GEOH-36 CARTEL	50
Romero-Centeno Rosario	SE09-3	166	Salles Paulo	SE03-13	143
Romero-Centeno Rosario	SE09-6	167	Salles Paulo	SE15-11 CARTEL	187
Romero Emmanuel*	OCE-37	98	Salles Paulo	SE15-13 CARTEL	187
Romero Esmeralda	FE-31 CARTEL	38	Sampayo Rodríguez María Fernanda	GET-4	56
Romero Espejel Héctor	SE07-19 CARTEL	161	Samperio Ramos Guillermo	GEOH-17	46
Romero Francisco	CS-12	8	San Miguel Rodríguez Silvia Ivonne	SE03-17 CARTEL	144
Romero Hernández Esmeralda	FE-1	33	San Miguel Rodríguez Silvia Ivonne	SE07-14	160
Romero Hernández Esmeralda	FE-11	34	Sánchez Alonso Fernando	SIS-21	118
Romero Hernández Esmeralda	FE-25	37	Sánchez-Beristain Francisco	GEOQP-17	76
Romero Quintero Emmanuel	OCC-1	85	Sánchez Cabeza Joan Albert	OCC-14	87
Romero Quintero Emmanuel	OCE-9	91	Sánchez Fernández Paulina	EG-29 CARTEL	32
Romero de la Cruz Oscar Mario	EG-26 CARTEL	31	Sánchez Fernández Paulina*	GP-2	53
Romero de la Cruz Oscar Mario	SIS-61 CARTEL	126	Sánchez García Elsa*	FE-11	34
Romo Jones José Manuel	EG-6	27	Sánchez Garibay Blanca Estrella*	VUL-26 CARTEL	134
Romo Jones José Manuel	EG-8	27	Sánchez Gómez Moisés	VUL-30 CARTEL	135
Romo Jones José Manuel	EG-9	28	Sánchez-González Jesús*	EG-13	29
Romo Keven	GP-5	54	Sánchez González Jesús	EG-18	30
Romo Lozano Hector	SE14-11	177	Sánchez-González Jesús*	SE04-9	146
Ronquillo Mendez Argelia	SE11-4	172	Sánchez Hernández Andrés Armando	CS-2	5
Ronquillo Arturo	SIS-26	119	Sánchez Jesus	SE04-6	146
Roque-Pineda Luis Sebastián	EG-2	26	Sánchez Juan Manuel	RN-1	103
Rosas José	GEOPAL-16	70	Sánchez Juan Manuel	VUL-9	130
Rosas Pérez Irma	CCA-40	21	Sánchez López Paola Liliana	SIS-27	119
Rosas Pérez Irma	CCA-61 CARTEL	24	Sánchez López Paola Liliana	SIS-29	120
Rubio Arellano Ana Beatriz*	GEOH-19	46	Sánchez López Paola Liliana	SIS-30	120
Rueda Aguilera Guadalupe Abigail*	MSG-7	82	Sánchez Martínez Alfredo*	CCA-56 CARTEL	23
Rueda Garzon Luisa Fernanda*	SED-3	111	Sánchez Meneses Oscar Casimiro	CCA-17	15
Ruiz-Aguilar Diego	EG-2	26	Sánchez-Núñez Juan Manuel*	RN-22 CARTEL	108
Ruiz Aguilar Diego	EG-3	26	Sánchez Núñez Juan Manuel	VUL-19 CARTEL	132
Ruiz-Aguilar Diego	EG-4	26	Sánchez Quevedo Alma Guadalupe	FE-13	35
Ruiz Aguilar Diego	EG-6	27	Sánchez Quevedo Alma Guadalupe*	FE-30 CARTEL	38
Ruiz Aguilar Diego	EG-8	27	Sánchez Ramírez Ezequiel	CCA-36	20
Ruiz Aguilar Diego*	EG-9	28	Sánchez Ramírez Marina	OCE-52 CARTEL	101
Ruiz Aguilar Diego	EG-10	28	Sánchez Sánchez Paloma Tonally*	EG-22 CARTEL	30
Ruiz-Aguilar Diego	GEOH-2	42	Sánchez-Velasco Laura	OCE-27	95
Ruiz-Aguilar Diego	GEOQP-30 CARTEL	79	Sánchez-Velasco Laura	OCE-37	98
Ruiz Angulo Angel	OCE-24	95	Sánchez Velasco Laura	OCE-49 CARTEL	100
Ruiz Arriaga Daniel	SE14-19	180	Sánchez de Aparicio Calvillo Alberto	SE04-13 CARTEL	147
Ruiz-Arriaga Daniel*	SE14-22	180	Sandoval Hernández Erika	CCA-6	13
Ruiz Fernández Ana Carolina	OCC-14	87	Sandoval Hernández Erika	CCA-48 CARTEL	22
Ruiz Huerta Esther Aurora	GGA-11 CARTEL	66	Sandoval Hernández Erika	CCA-54 CARTEL	23
Ruiz Iván	SE03-15	144	Sandoval Hernández Erika*	SE15-3	185
Ruiz Vázquez Iván	SIS-53 CARTEL	125	Sandoval Hernández Erika	SE15-10 CARTEL	187
Ruiz Vázquez Iván	SE03-1	141	Sandoval Osiris	SE04-4	146
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-4	85	Sandoval Osiris	SE04-7	146
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia*	OCC-5	85	Sandoval Osiris*	SE04-11	147
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-7	86	Sandoval Osiris	SE13-5	174
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-8	86	Sandoval Quintana Osiris	EG-18	30
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-23 CARTEL	89	Sandoval Quintana Osiris	SE04-1	145
Ruvalcaba Aroche Erick Daniel*	OCE-49 CARTEL	100	Sandoval Quintana Osiris	SE04-2	145
Ruvalcaba Pérez Andrés Emiliano	SE08-1	162	Sandoval Quintana Osiris	SE04-12	147
Salas Corrales José Luis	EG-1	26	Santana Julio Sergio	SE09-1	166
Salas Navarro Amanda	FE-1	33	Santana Sepulveda Julio Sergio	SE11-3	171
Salas de León David Alberto	OCE-33	97	Santillana Iribe Luis Iván	FE-13	35
Salas de la Rosa Evelyn	SE08-3	162	Santillana Iribe Luis Iván*	FE-36 CARTEL	39
Salazar Guerrero Paula	SIS-34	121	Santisteban Mendivil Diana María	SED-7	112
Salazar Jiménez Joaquín	EG-25 CARTEL	31	Santos Hipólito Daniel	AR-5	2
Salazar Peña Leobardo	VUL-28 CARTEL	134	Santos Raga Gustavo*	GEOQP-15	76
Salazar Peña Leobardo	SE07-19 CARTEL	161	Santos Ramírez Marco Antonio	SE04-7	146
Salcedo González Dara	SE04-3	145	Santos Urosa Kenny Gavino*	GEOH-31 CARTEL	49
Salgado Erika	SE08-11	164	Santoyo Edgar	GEOQP-15	76
Salinas Jasso Jorge Alán	GEOH-45 CARTEL	52	Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-51 CARTEL	124
Salinas Jasso Jorge Alán	GEOQP-12	75	Santoyo Miguel Ángel	SIS-31	120
Salinas Jasso Jorge Alán*	RN-2	103	Santoyo Miguel Ángel	SE18-3	190
Salinas Jasso Jorge Alán	RN-6	104	Sanz Valencia Jorge	SE14-24	181
Salinas Jasso Jorge Alán	RN-23 CARTEL	108	Sarocchi Damiano	VUL-18	132
Salinas Jasso Jorge Alán	SIS-8	115	Sarychikhina Olga	SIS-56 CARTEL	125
Salinas Jasso Jorge Alán	SE08-4	163	Sarychikhina Olga	SIS-58 CARTEL	126
Salinas Ocampo Ulises	VUL-19 CARTEL	132	Saucedo Ricardo	RN-1	103
Salinas Prieto José Antonio*	SE11-2	171	Saucedo Ricardo*	VUL-19 CARTEL	132
Salinas Ruiz Andrew Misael*	AR-1	1	Saucedo Ricardo	SE14-14	178
Salinas Samaniego Federico	FE-1	33	Savian Jairo F.	GEOPAL-17 CARTEL	70
Salinas Sergio	GEOPAL-12	69	Sawires Rashad*	SIS-51 CARTEL	124
Salles Afonso de Almeida Paulo	GEOH-23	47	Schaaf Peter	AR-8	2
Salles Afonso de Almeida Paulo	GEOH-34 CARTEL	50	Schaaf Peter	GEOQP-20	77

Schaaf Peter	GEOQP-21	77	Solis Pichardo Gabriela	GEOQP-20	77
Schaaf Peter	GEOQP-23	77	Solis Pichardo Gabriela	SE14-8	177
Schaaf Peter	GEOQP-24	78	Solis Pichardo Gabriela	SE14-9	177
Schaaf Peter	SE05-4	149	Solis Pichardo Gabriela	SE14-10	177
Schaaf Peter	SE14-8	177	Solis Pichardo Gabriela	SE14-35 CARTEL	184
Schaaf Peter	SE14-9	177	Solis Rivera Omar	GET-16	59
Schaaf Peter*	SE14-10	177	Solis Tamayo Jorge Humberto*	SE09-9 CARTEL	167
Schaaf Peter	SE14-35 CARTEL	184	Solis Valdez Sara	GGA-5	64
Schneider Dominik	CS-4	5	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-3	5
Schwennicke Tobias*	SED-7	112	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-6	6
Schwennicke Tobias	SED-8	112	Solleiro Rebolledo Elizabeth*	CS-8	7
Sebastián Reyes Daniel	GEOPAL-16	70	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-12	8
Secaira Daniel*	RN-15	106	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-13 CARTEL	8
Sedov Sergey*	CS-11	7	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-15 CARTEL	9
Sedov Sergey	CS-12	8	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-16 CARTEL	9
Sedov Sergey	CS-15 CARTEL	9	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-17 CARTEL	9
Sedov Sergey	CS-21 CARTEL	10	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-21 CARTEL	10
Sereno Leon Naiche Geronimo*	GEOH-43 CARTEL	52	Solleiro Rebolledo Elizabeth	SE03-3	141
Sergeeva Maria	FE-2	33	Solorio Elvira Alejandra*	FE-20	36
Sergeeva Maria*	FE-13	35	Soriano Méndez Jared Jafet	SE07-5	158
Sergeeva Maria	FE-15	35	Sosa Argáez Itzel	SE15-2	185
Sergeeva Maria	FE-17	36	Sosa-Ceballos Giovanni*	GEOQP-4	73
Sergeeva Maria	FE-22	36	Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-6	73
Sergeeva Maria	FE-29 CARTEL	38	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-5	129
Sergeeva Maria	FE-33 CARTEL	38	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-6	129
Sergeeva Maria	FE-36 CARTEL	39	Sosa Islas Antonio	GGA-12 CARTEL	66
Serna-Bafún José Helios*	VUL-2	128	Sosa Islas Antonio Salvador*	GEOH-33 CARTEL	50
Serrano López Gabriel	SE03-10	143	Sosa Jiménez Miguel Ángel	SIS-53 CARTEL	125
Serrano López Gabriel*	SE14-25	181	Sosa Jiménez Miguel Ángel	SE03-1	141
Serrano Ortiz Jose	AR-1	1	Sosa Miguel	SE03-15	144
Sgobba Sara	SIS-2	114	Soto Castellanos Desiree	CS-2	5
Shaaf Peter	GEOQP-5	73	Soto Castellanos Desiree	GEOQP-28 CARTEL	79
Sharma Gopal	GEOD-6	41	Soto García Angela Giselda	GET-9	57
Sheinbaum Julio	OCE-3	90	Soto Rocha María Valentina Iréndira	GP-1	53
Sheinbaum Julio*	OCE-5	91	Soto Villalobos Roberto	CCA-46 CARTEL	22
Sheinbaum Julio	OCE-6	91	Soto Villalobos Roberto	GP-1	53
Sheinbaum Julio	OCE-16	93	Sotomayor Sandoval Sebastian	EG-18	30
Sheinbaum Julio	OCE-18	93	Sourisseau Delphine*	VUL-3	128
Sheinbaum Julio	OCE-22	94	Spallarossa Daniele	SIS-2	114
Sheinbaum Julio	OCE-53 CARTEL	101	Spycher Nicolas	GEOQP-30 CARTEL	79
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-1	90	Srivastava Nishtha	SIS-19	118
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-8	91	Stock Joann	SIS-34	121
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-13	92	Stockli Daniel	GET-3	55
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-51 CARTEL	101	Stockli Daniel	GET-11	57
Siebe Grabach Christina*	CS-4	5	Stockli Daniel	GET-18 CARTEL	59
Sieron Katrin	GEOPAL-9	68	Stockli Daniel	GEOQP-12	75
Sieron Katrin	SIS-22	118	Stockli Daniel	SE14-22	180
Silis Esquivel Jhoanna	OCC-21 CARTEL	89	Stockli Lisa	GET-3	55
Silva Aguilera Raúl	SE03-11	143	Stremme Wolfgang	CCA-32	19
Silva Aguilera Raúl	SE03-12	143	Stremme Wolfgang*	CCA-37	20
Silva José Teodoro	RN-1	103	Stremme Wolfgang	CCA-58 CARTEL	24
Silva Ma. Montserrat	CCA-41	21	Stremme Wolfgang	CCA-59 CARTEL	24
Silva-Magaña Mayra Elizabeth*	SE05-10	150	Stremme Wolfgang	CCA-60 CARTEL	24
Silva-Romo Gilberto	SE14-21	180	Suárez Améndola Manuel Arturo	RN-19	107
Silvestre-Campos Adelaida	SE15-2	185	Suárez Cruz Sergio	AR-1	1
Singh Shri Krishna*	SIS-12	116	Suárez Gerardo*	SE13-1	173
Singh Shri Krishna	SIS-17	117	Suárez López Martha María	SE04-10	147
Singh Shri Krishna	SIS-31	120	Suárez Reynoso Gerardo	RN-10	105
Singh Shri Krishna*	SE18-3	190	Suárez Rodríguez Carmen del Pilar	SE08-10	164
Sinitsyn Andrei	CS-11	7	Suárez Rodríguez Irma Brigida*	SE08-10	164
Skiba Yuri N.	CCA-20	16	Suter Max*	GET-8	56
Skiba Yuri N.*	MSG-3	81	Suter Max*	GET-14	58
Solano Darío	SIS-26	119	Suter Max*	GET-19 CARTEL	59
Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-21	118	Suter Max*	SIS-42 CARTEL	122
Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-45 CARTEL	123	Suter Max*	SE13-2	173
Solano Hernández Ericka Alinne*	SE03-4	141	Swingedouw Didier	CCA-22	16
Solano Rojas Darío*	SE07-6	158	Tafolla David*	OCE-27	95
Solano Rojas Darío	SE07-15	160	Tago Pacheco Josué	SIS-7	115
Solari Luigi Augusto	GET-5	56	Tago Pacheco Josué*	SIS-23	118
Solari Luigi Augusto	GEOQP-8	74	Tago Pacheco Josué*	SIS-24	119
Solari Luigi Augusto*	SE05-2	148	Tago Pacheco Josué	SIS-26	119
Solari Luigi Augusto	SE05-4	149	Tan Li Yi*	SIS-40	122
Solari Luigi Augusto	SE05-5	149	Tapia-Hernández Edgar	SIS-17	117
Solari Luigi Augusto	SE05-9	150	Tapia Romero Gabriela Mishelle*	CS-14 CARTEL	8
Solari Luigi Augusto	SE05-14	151	Tapia Sánchez Xochitl*	CS-5	6
Solari Luigi Augusto	SE05-15	151	Taquet Noemie	CCA-37	20
Solari Luigi Augusto	SE05-16	152	Taquet Noemie	CCA-59 CARTEL	24
Solari Luigi Augusto	SE05-18 CARTEL	152	Taquet Noemie	CCA-60 CARTEL	24
Solari Luigi Augusto	SE05-19 CARTEL	152	Tavera Cervantes Gildardo	SIS-43 CARTEL	122
Solari Luigi Augusto	SE14-17	179	Tazzo-Rangel María Daniela	SE14-26	181
Solé Jesús	GET-5	56	Teja Juárez Víctor Leonardo	MSG-14	84
Solé Jesús	GEOQP-32 CARTEL	80	Tejero Andrade Andrés	EG-11	28
Soler Arechalde Ana María*	AR-6	2	Tejero Andrade Andrés	EG-20	30
Soler Arechalde Ana María	GEOPAL-5	68	Téllez Santos Cesar Iván	EG-25 CARTEL	31
Solis Pichardo Gabriela	GEOQP-5	73	Tello-Hinojosa Enrique	GEOQP-13	75

Tenorio Fernández Leonardo*	OCC-1	85	Valencia-Cruz Daniel	GEOPAL-11	69
Tenorio Fernández Leonardo	OCE-9	91	Valencia Morales Yuly Tatiana	SE05-3	148
Tenorio Fernández Leonardo	OCE-37	98	Valencia Morales Yuly Tatiana	SE05-17 CARTEL	152
Tenorio Salgado José Manuel	SE03-4	141	Valencia Morales Yuly Tatiana	SE14-26	181
Tenreiro Miguel*	OCE-10	92	Valencia Moreno Martín*	SE10-2	169
Tenreiro Miguel	OCE-21	94	Valencia Moreno Martín	SE10-6	170
Tenreiro Miguel	OCE-24	95	Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE03-2	141
Terán-Gilmore Amador	SIS-17	117	Valenzuela Wong Raúl	SIS-18	117
Tereshchenko Iryna	OCC-22 CARTEL	89	Valenzuela Wong Raúl	SIS-41 CARTEL	122
Tereshchenko Iryna	SE01-7 CARTEL	137	Valera Fernández Daisy*	CS-13 CARTEL	8
Tereshchenko Iryna*	SE01-8 CARTEL	137	Valle Rodríguez Santiago	GGA-1	63
Terrazas Silva Martín Alfredo*	OCE-33	97	Valle Rodríguez Santiago	SE07-3	157
Terrones-Barraza Armando*	SE06-1	153	Vallejo Barba Josefina	SE07-2	157
Terrones-Barraza Armando	SE06-13 CARTEL	156	Valverde Isaac*	SIS-7	115
Terrones-Barraza Armando	SE06-15 CARTEL	156	Van Tussenbroek Brigitta I.	OCE-17	93
Teutli León María Maura Margarita*	CS-2	5	Varela Ariana*	FE-31 CARTEL	38
Teutli León María Maura Margarita*	GEOQP-28 CARTEL	79	Vargas Alejandro	SIS-12	116
Tinoco Lizdec*	RN-25 CARTEL	108	Vargas Bracamontes Dulce M.	VUL-14	131
Tisseaux Navarro Alexandre*	OCC-2	85	Vargas Bracamontes Dulce M.	VUL-15	131
Toulouse Benoit	SE08-14 CARTEL	165	Vargas Bracamontes Dulce M.	VUL-16	131
Tolson Gustavo	GET-4	56	Vargas Hernández Mauro	OCC-2	85
Tolson Jones Gustavo	GET-6	56	Varley Nick	VUL-16	131
Tomé Camila R.	GEOPAL-17 CARTEL	70	Vásquez García Diego	SE07-4	158
Torreblanca Carlos	GEOPAL-13	69	Vásquez Restrepo Juan Daniel*	CCA-31	19
Torres Alamilla Mariana*	OCE-52 CARTEL	101	Vásquez Serrano Alberto*	GET-4	56
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	RN-21 CARTEL	107	Vásquez Serrano Alberto*	GET-23 CARTEL	60
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	SE14-6	176	Vásquez Serrano Alberto	SE03-16	144
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	SE14-7	176	Vassallo Morales Luis Fernando	GGA-5	64
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe*	SE14-29 CARTEL	182	Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica	SE08-6	163
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	SE14-31 CARTEL	183	Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica*	SE08-7	163
Torres-Cordero Jocelyn	SE06-16 CARTEL	156	Vázquez Báez Víctor Manuel	GEOH-19	46
Torres-Freyermuth Alec	GEOH-36 CARTEL	50	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	FE-3	33
Torres-Freyermuth Alec	SE15-8	186	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-1	40
Torres-Freyermuth Alec	SE15-9 CARTEL	187	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban*	GEOD-2	40
Torres-Freyermuth Alec*	SE15-11 CARTEL	187	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	RN-21 CARTEL	107
Torres-Freyermuth Alec	SE15-12 CARTEL	187	Vázquez Cruz Gustavo*	CCA-45 CARTEL	21
Torres Galván David	EG-12	28	Vázquez Cuervo Jorge	OCE-28	96
Torres Gaytán David Ernesto	EG-10	28	Vázquez Morales Williams*	CCA-28	18
Torres Gaytán David Ernesto*	RN-27 CARTEL	109	Vázquez-Ontiveros Jesús René*	GEOD-1	40
Torres Héctor S.	OCE-43	99	Vázquez Ontiveros Jesús Rene	GEOD-2	40
Torres Hernández José Ramón*	GET-9	57	Vázquez-Ramírez Jenny Amairani	OCE-14	92
Torres Hernández José Ramón	GEOQP-1	72	Vázquez Rosas Ricardo	EG-22 CARTEL	30
Torres Irineo Edgar*	SE15-5	186	Vázquez Vázquez Santa Elena*	GGA-3	63
Torres Jaramillo Jorge Alejandro	CCA-39	20	Vázquez Zarate Elsy Lizbeth	GP-1	53
Torres Jardón Ricardo	CCA-36	20	Vázquez Zarate Elsy Lizbeth*	SIS-61 CARTEL	126
Torres Morales Gilbert Francisco*	SIS-10	116	Vega-Báez María-Jimena*	SIS-25	119
Torres Padilla Ricardo Jesús*	SE01-3	136	Vega González Marina	SE14-13	178
Torres Rivera Sonia	GEOH-9	44	Vega Sandra	MSG-8	82
Torres Sánchez Darío	GEOQP-1	72	Vega Sandra	MSG-9	82
Torres Sánchez Darío*	GEOQP-6	73	Vega Sandra	MSG-12	83
Torres Sánchez Elsy Marleth*	SIS-3	114	Vela-Correa Gilberto	CS-6	6
Torres Sánchez Miguel Angel*	OCE-36	97	Velasco Aaron	SIS-5	115
Torres Sánchez Sonia Alejandra	GET-9	57	Velasco Fuentes Oscar	OCE-54 CARTEL	101
Torres Sánchez Sonia Alejandra	GEOQP-1	72	Velasco Fuentes Oscar	SE09-4	167
Tramelli Anna	SIS-16	117	Velasco Julián	CCA-26	17
Tranquilino Carla	VUL-18	132	Velasco Lindero Miguel Angel*	GEOH-41 CARTEL	51
Travieso Bello Ana Cecilia	CCA-19	16	Velasco Peralta Edna del Carmen	CCA-30	18
Trejo Echeagaray Manuel	GEOD-8 CARTEL	41	Velasco Peralta Edna del Carmen*	OCC-18	88
Trejo Gómez Elizabeth	EG-15	29	Velasco Ramírez David	SE11-4	172
Trejo Soto Manuel E.	GEOD-6	41	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-3	72
Trejo Soto Manuel E.	GEOD-7 CARTEL	41	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-8	74
Trejo Soto Manuel E.	GEOD-8 CARTEL	41	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-12	75
Triana Angelica	CS-21 CARTEL	10	Velasco Tapia Fernando	SE05-8	150
Tristán Flores Pedro Adad*	SE03-14	144	Velasco Vinasco Julián Andrés*	CCA-22	16
Tristán-González Margarito	VUL-2	128	Velasco Vinasco Julián Andrés	CCA-23	17
Trujillo-Acatitla Rubicel*	RN-20	107	Velasco Vinasco Julián Andrés	CCA-25	17
Trujillo Alcántara Alfredo	SE04-13 CARTEL	147	Velasco Vinasco Julián Andrés	CCA-31	19
Turrubiates Flores Héctor Omar	SE08-10	164	Velázquez Galván Eber Gustavo*	OCC-17	88
Tuxpan José	CCA-10	14	Velázquez Ibarra Leslie Abigail*	CS-22 CARTEL	10
Tuxpan José	RN-18	107	Velázquez Muñoz Federico A.	OCC-16	88
Tuxpan José	RN-20	107	Velázquez Muñoz Federico Ángel	OCC-17	88
Ugalde Ortiz Daniela Betzabe	CCA-36	20	Velázquez Zapata Juan Alberto*	CCA-53 CARTEL	23
Ulloa Godínez Héctor Hugo	CCA-3	12	Velderrain Rojas Luis Alonso*	SE14-4	176
Ulloa Godínez Héctor Hugo	CCA-29	18	Vences Juárez Litza	GEOH-27	48
Ulloa Marco	OCE-24	95	Venegas Rodríguez Gastón	EG-12	28
Unda Sánchez Mariana	SE01-5 CARTEL	136	Venegas Sandoval Andrea	CCA-28	18
Ureña Flores María José*	OCC-9	86	Ventura Marroquín Julia Isabel*	RN-24 CARTEL	108
Ureña Mora Juan Pablo	OCC-9	86	Vera Norberto*	MSG-1	81
Uribe Abigail	OCE-17	93	Vera Norberto	MSG-10	83
Uribe Abigail	SE15-11 CARTEL	187	Vera Pedro	GEOPAL-5	68
Vaiciulyte Sandra*	RN-14	106	Vera Pedro	GEOQP-29 CARTEL	79
Valdés Barrón Mauro	CCA-41	21	Verde Ramírez María de los Ángeles*	GET-18 CARTEL	59
Valdés José Francisco*	SE13-6	174	Verdugo Ortega Homar	OCE-5	91
Valdes Manzanilla Arturo*	CCA-5	13	Verdugo Ortega Homar*	OCE-6	91
Valencia Cristian	GEOPAL-19 CARTEL	71	Verdugo Ortega Homar	OCE-16	93

Verdugo Ortega Homar	OCE-18	93	Zavala Hidalgo Jorge	SE02-4	138
Verdugo Ortega Homar	OCE-53 CARTEL	101	Zavala Hidalgo Jorge	SE09-3	166
Verma Sanjeet Kumar	GEOQP-1	72	Zavala Juan*	CCA-61 CARTEL	24
Villanueva Estrada Ruth Esther	GEOH-14	45	Zavala Romero Olmo*	OCE-38	98
Vidal-Reyes María Isabel	GET-2	55	Zavala Sansón Luis	OCE-32	96
Vidal Reyes María Isabel	GET-18 CARTEL	59	Zavala Sansón Luis	OCE-35	97
Vidal Reyes María Isabel	SE03-10	143	Zavala Sansón Luis*	OCE-39	98
Vidal Ruiz Jesús Adrián*	OCC-23 CARTEL	89	Zavala Sansón Luis	OCE-46	100
Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-3	67	Zavaleta Medrano Tabhata	RN-12	105
Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-4	67	Zenteno Jiménez José Roberto	VUL-28 CARTEL	134
Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-8	68	Zenteno Jiménez José Roberto	SE07-19 CARTEL	161
Vidal Solano Jesús Roberto	SE14-4	176	Zepeda Martínez Mildred*	SE05-16	152
Vidal Villegas Antonio	SIS-34	121	Zepeda Martínez Mildred	SE05-19 CARTEL	152
Vidal Villegas Antonio	SIS-57 CARTEL	126	Zuber Alain*	CCA-32	19
Vidales-Basurto Claudia	SIS-2	114	Zúñiga Dávila-Madrid Francisco Ramón	SIS-44 CARTEL	123
Viera Décida Federico	SE14-18	179	Zúñiga Tovar Angel Emmanuel	RN-11	105
Vignau Manjarrez Pablo	SE09-7	167	Zúñiga Tovar Angel Emmanuel*	RN-12	105
Villafuerte Carlos	SIS-26	119			
Villalobos Escobar Gina Paola*	SIS-28	119			
Villalón Rodríguez Patricia Sarai	GEOH-1	42			
Villalón Rodríguez Patricia Sarai*	GEOH-32 CARTEL	49			
Villalpando Fabian	RN-1	103			
Villanueva Hernández Pablo	FE-1	33			
Villanueva Hernández Pablo	FE-6	34			
Villanueva Hernández Pablo	FE-13	35			
Villanueva Hernández Pablo	FE-15	35			
Villanueva Hernández Pablo	FE-20	36			
Villanueva Hernández Pablo	FE-25	37			
Villanueva Hernández Pablo	FE-27	37			
Villanueva Hernández Pablo*	FE-32 CARTEL	38			
Villanueva Hernández Pablo	FE-36 CARTEL	39			
Villanueva Hernández Pablo*	SE04-14 CARTEL	147			
Villanueva-Macias José	CCA-41	21			
Villanueva Ruth Esther	GEOQP-19	76			
Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo*	OCE-11	92			
Villegas Omar*	GEOH-11	44			
Villegas Omar	MSG-4	81			
Walde Michel Alain	SED-7	112			
Walle García Otoniel	GP-1	53			
Wanner Christoph	GEOQP-30 CARTEL	79			
Weber Bodo	SE05-1	148			
Weber Bodo	SE05-3	148			
Weber Bodo	SE05-4	149			
Weber Bodo	SE05-8	150			
Weber Bodo	SE05-17 CARTEL	152			
Weber Bodo	SE14-7	176			
Weber Bodo	SE14-26	181			
Weber Bodo	SE14-29 CARTEL	182			
Welsh Rodríguez Carlos Manuel*	CCA-19	16			
Welsh Rodríguez Carlos Manuel	CCA-52 CARTEL	23			
West Allen	SED-5	112			
Wogau Chong Kurt Heinrich*	AR-2	1			
Wurl Jobst	GEOQP-30 CARTEL	79			
Xu Shunshan*	GET-20 CARTEL	60			
Xu Xiaobiao	OCE-38	98			
Yadav Roopali*	GEOQP-32 CARTEL	80			
Yamamoto Yohei	CCA-21	16			
Yáñez Casas Gabriela Aurora	CCA-56 CARTEL	23			
Yáñez Casas Gabriela Aurora	SE04-13 CARTEL	147			
Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-1	114			
Yegres Herrera Luis Alejandro*	SIS-57 CARTEL	126			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	RN-8	104			
Yoshida Teruaki	AR-12 CARTEL	3			
Yutisis Vsevolod*	EG-12	28			
Yutisis Vsevolod	EG-27 CARTEL	31			
Zamora Camacho Araceli	VUL-27 CARTEL	134			
Zamora Camacho Araceli	SE13-4	173			
Zamudio-Angeles David	EG-11	28			
Zamudio Luis	OCE-30	96			
Zanolli Fabila Betty	SE13-3	173			
Zapata Meza Marcela	AR-10 CARTEL	3			
Zarazúa-Carbajal María Cristina	VUL-7	129			
Zarraluqui Víctor*	CCA-8	13			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-2	138			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna*	SE02-3	138			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-4	138			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-5	139			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-7	139			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-8	139			
Zarza-Alvarado Miriam Arianna	SE02-9	139			
Zavala Arriaga María Mercedes	AR-13 CARTEL	3			
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-12	14			
Zavala Hidalgo Jorge	OCE-17	93			
Zavala Hidalgo Jorge	OCE-52 CARTEL	101			
Zavala Hidalgo Jorge*	SE02-1	138			

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Caridad Cárdenas Monroy
Editores



geos

Información con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.edu.mx



geos

